Sensibilitatea

Paul Popescu-Neveanu • Mihai Golu

*

SENSIBILITATEA

Modalitățile de recepție senzorială

Editura Științifică • București 1970

CUPRINSUL

I

PROBLEME GENERALE ALE SENSIBILITĂŢII

Aplicarea, în cea de-a doua jumătate a secolului al XIX-lea, a metodei experimentale la studiul sensibilităţii a reprezentat actul de constituire a psihologiei ca ştiinţă ,,independentă''. În decursul anilor, prin cercetări sistematice s-a acumulat un vast material privind caracteristicile şi legile sensibilităţii ca funcţie generală şi ale modalităţilor ei concrete de realizare. În zilele noastre, interesul pentru problemele sensibilităţii continuă să se menţină la un nivel ridicat. Acest lucru nu este întîmplător deoarece modul de înţelegere şi explicare a structurii şi mecanismelor interne ale proceselor senzoriale condiţionează, în bună măsură, modul de abordare şi interpretare a proceselor psihice şi actelor de comportament mai complexe.

Cercetarea experimentală şi teoretică trebuie să stabilească cu rigurozitate locul şi specificul fenomenului senzorial în ierarhia universală a fenomenelor naturii. Aceasta impune adoptarea unui punct de vedere evoluţionist, comparativ-istoric.

Sensibilitatea nu este un fenomen în sine, izolat, sau adăugat din afară la fenomenele şi procesele naturale, ci o funcţie (proprietate) obiectiv determinată. Esenţa ei genetică ţine de însăşi logica desfăşurării procesului evoluţiei generale a materiei. Concret, apariţia şi valoarea sensibilităţii sînt legate de apariţia şi esenţa fenomenului natural al vieţii. Funcţia sensibilităţii este condiţionată de necesităţi obiective de ordin biologic, impuse de procesul adaptării organismului la mediu. Produs al evoluţiei materiei vii, sensibilitatea este, totodată, condiţie şi ,,mecanism'' de întreţinere la nivel adaptativ optim a procesului vital, şi de asigurare a dezvoltării biopsihice a individului. Întrucît dinamica adaptării este determinată de specificul interacţiunii organismului cu mediul înconjurător, şi specificul mecanismului prin care se realizează ea (funcţia sensibilităţii) decurge nemijlocit din caracterul acestei interacţiuni.

Cu alte cuvinte, ca proprietate a materiei, sensibilitatea există numai în cadrul unei anumite forme concrete de mişcare a acesteia şi se dez-

văluie numai în procesul interacţiunii formei respective cu alte forme (organism-mediu, în sens larg).

De aceea, analiza specificului interacţiunii organism-mediu, la diferitele niveluri de dezvoltare contribuie decisiv la înţelegerea naturii şi funcţiei sensibilităţii.

1
Geneza şi rolul sensibilităţii

O dată cu apariţia lumii organice, apare o nouă formă (şi respectiv un nou mecanism) de reflectare. Condiţia esenţială a existenţei fiinţei vii este realizarea unui schimb neîntrerupt de substanţe cu mediul înconjurător.

Analizînd fenomenul vieţii şi afirmînd că esenţa ei este dată de metabolism, F. Engels sublinia: „Şi la corpurile anorganice se poate produce un asemenea schimb de substanţe şi, într-adevăr, se produce pretutindeni, în decursul timpului, deoarece acţiuni chimice au loc pretutindeni, chiar dacă sînt foarte lente. Dar deosebirea constă în aceea că, în cazul corpurilor anorganice, schimbul de substanţe le distruge, pe cînd în cazul corpurilor organice, el este condiţia necesară a existenţei lor".

Metabolismul, fenomen fundamental al vieţii, asigură autoregenerarea corpului viu. În procesul interacţiunii, corpul viu rămîne un tot unitar, îşi păstrează identitatea relativă tocmai datorită faptului că diferitele sale elemente se descompun şi apar din nou. Aşadar, relaţia de interacţiune specifică vieţii, organismelor vii, înlocuieşte în mod dialectic relaţia interacţiunii proprie lumii nevii. „O fiinţă care respiră — afirmă L. Feuerbach — este inevitabil legată de o existenţă exterioară ei; obiectul ei esenţial, adică acela datorită căruia ea este ceea ce este, se află în afara ei; ... obiectul la care se raportează existenţa nu este decît esenţa sa care se relevă". Relaţia interacţiunii la nivelul materiei vii nu este însă dictată în mod univoc şi invariabil de factorii externi; caracterul ei depinde şi de specificul structural-funcţional al sistemului organismului. În cadrul interacţiunii cu mediul, organismul apare ca factor activ, care nu numai primeşte influenţele acestuia, dar, la rîndu-i, el însuşi „acţionează" asupra mediului.

Într-un sens, organismul viu îşi alege singur condiţiile de existenţă, exprimînd anumite cerinţe faţă de mediu. Gradul de „libertate" a organismului în stabilirea relaţiilor sale cu mediul este diferit la diferitele niveluri de dezvoltare a lumii organice. Atît stabilirea cît şi realizarea interacţiunii cu mediul devin posibile numai în măsura în care organismul posedă capacitatea de detectare, înregistrare şi analiză adecvată a influenţelor externe.

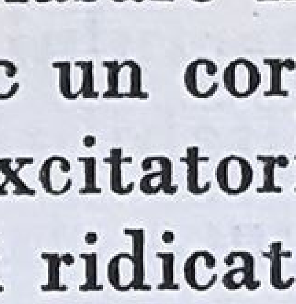
Excitabilitatea este tocmai proprietatea biologică generală care asigură fiinţelor vii posibilitatea de a recepţiona influenţele externe şi de a răspunde la ele selectiv, printr-o stare de modificare internă.

Ea este atributul oricărei materii vii; nu apare ca funcţie a unor organe specializate. Stimularea oricărei porţiuni a corpului produce anumite modificări de natură biochimică sau biofizică, pe baza cărora ia naştere o anumită stare de excitaţie ce se propagă din aproape în aproape în tot organismul. Organismul în întregul său este şi analizor şi executor, în acelaşi timp. În urma analizei excitaţiei, se elaborează o anumită reacţie de răspuns: negativă, de îndepărtare de stimul, sau pozitivă, de menţinere a contactului cu stimulul sau de apropiere de el. Trăsătura distinctivă a excitabilităţii constă în aceea că ea se manifestă numai în raport cu acţiunea stimulilor biologiceşte necesari, care vin în atingere nemijlocită cu organismul. Din această pricină, la nivelul dat al evoluţiei, posibilitatea de orientare în mediu este foarte redusă.

Un salt nodal în evoluţia interacţiunii dintre organism şi mediu, care va determina şi o restructurare calitativă a funcţiei generale de recepţie şi răspuns, este marcat de apariţia regnului animal. Chiar de la primele sale forme concrete de organizare, organismul animal este legat de un mod de viaţă mobil. Acesta imprimă comportamentului un caracter mai activ, ceea ce reprezintă un cîştig evident pentru evoluţia materiei vii. În acelaşi timp, simplul fapt al deplasării în spaţiu duce la o complicare considerabilă a influenţelor externe. Implicit, sarcina adaptării devine obiectiv mai grea. Pentru a-i face faţă, organismul animal este nevoit să reflecte însuşiri şi factori noi. În natură, factorii biologiceşte necesari se găsesc în număr limitat, iar în condiţiile unui mod de viaţă mobil ei au un mare grad de dispersiune. Depistarea lor directă devine dificilă. Animalul trebuie să-i caute, să-i descopere în mulţimea infinită a factorilor zişi indiferenţi. Aceasta presupune însă ca el să recepţioneze şi agenţii neutri. O dată cu apariţia regnului animal apare şi această funcţie nouă. Întrucît, de cele mai multe ori, factorii existenţei sînt daţi în contextul factorilor indiferenţi, în anumite situaţii, aceştia din urmă devin jaloane de reper în desfăşurarea comportamentului animalului, dobîndind o valoare de semnalizare

concretă. *Recepționarea factorilor indiferenți și stabilirea unui raport cu sens biologic între ei și cei necondiționați reprezintă coordonatele de definiție ale noii funcții — sensibilitatea.* Baza ei genetică este excitabilitatea.

Inițial, sensibilitatea se prezintă într-o formă difuză, nediferențiată. Diversele tipuri de energie externă sînt recepționate de celulele „senzitive" diseminate în tot învelișul cutanat. Influxul excitator se transmite tot din aproape în aproape, după principiul gradientului. La acest stadiu, lipsesc nu numai organele specializate de recepționare, dar și căile distincte de conducere a excitațiilor. De aceea, ulterior, evoluția sensibilității se va desfășura în două direcții: a) desprinderea treptată din „senzoriumul comun" a unor organe cu funcții receptoare diferențiate și b) constituirea unor căi speciale de conducere a excitației și a unor instanțe de analiză și sinteză a semnalelor. Primele care se individualizează sînt căile de conducere a excitației; ele se vor contura în interiorul organismului în forma unor rețele în care influxul excitator are posibilitatea de deplasare în toate sensurile. Astfel, veriga aferentă și cea eferentă alcătuiesc un corp comun. În punctele de intersecție a torentelor de impulsuri excitatorii vor lua naștere „formațiuni" cu un grad de excitabilitate mai ridicat. Acestea nu sînt altceva decît embrionii viitorilor neuroni, pe care îi întîlnim pentru prima dată la spongieri. Concomitent cu formarea neuronilor, din sensibilitatea primară difuză se diferențiază celulele receptoare impresionabile la acțiunea doar a anumitor categorii de excitanți; primii receptori specializați se formează în legătură cu stimulii biologicești necesari: receptorii organelor interne, receptorii gustativi, olfactivi și termici. Mult mai tîrziu se desprind telereceptorii (vizuali și auditivi). O dată cu apariția celulelor senzitive specializate pentru recepționarea anumitor modalități de energie externă, cu delimitarea căilor de conducere și a centrelor de prelucrare a excitației, se produce și separarea structurală a verigilor aferentă și eferentă ale comportamentului. Se închegă astfel schema de bază a comportamentului animal, bazată pe principiul reflexului:



unde A = veriga de comandă (declanșare)
E = veriga executivă,
I = conexiune inversă.

Prin urmare, separîndu-se structural, sensibilitatea şi mişcarea îşi păstrează legătura funcţională. Împreună ele formează un sistem unitar de comandă şi control cu autoreglare.

În interacţiunea dintre organism şi mediu sensibilitatea îndeplineşte pretutindeni funcţia de semnalizare. De aceea, ea stă la baza tuturor proceselor psihice, de la cele mai elementare pînă la cele mai complicate.

Impulsurile senzoriale stau la baza activităţii de răspuns a comportamentului de orice fel; în afara lor nu poate fi concepută nici o reacţie. Declanşînd mişcarea ele, în acelaşi timp, o şi reglează. La rîndul său, mişcarea facilitează recepţia: ea se include ca verigă componentă a mecanismelor de codificare a semnalelor informaţionale la periferie (A. R. Luria, 1958, A. N. Leontiev, 1960, Pribram, 1964, Konorski, 1967). Datorită aparatului propriomuscular al sistemelor aferente se asigură: a) segmentarea în timp a torentului impulsurilor excitatorii şi b) reglarea poziţiei organului receptor în raport cu obiectul-stimul. Prin aceasta, mişcarea participă direct în procesul de formare a imaginii senzoriale.

În procesul evoluţiei, cele mai mari transformări structurale şi funcţionale le suportă însă sensibilitatea. La capătul lor, se constituie sistemele complexe ale analizatorilor. Acest proces are o desfăşurare stadială, în trepte.

La nevertebratele inferioare, s.n.c. se prezintă încă slab dezvoltat. Nu sînt separaţi sub raport funcţional neuronii care recepţionează impulsurile de la periferie spre a le distribui în interiorul s.n.c. şi care să transmită înapoi, la periferie, impulsuri reglatoare. De aceea, la un stadiu ulterior al evoluţiei, primul fapt pe care-l vom consemna este specializarea structurală şi distribuţia spaţială a neuronilor cu rol funcţional diferit.

Se poate presupune că acest proces s-a desfăşurat în trei direcţii. Pe de o parte, s-a produs desprinderea unor grupe de neuroni efectori care inervează în mod direct organele motorii şi secretorii ale corpului (muşchii, glandele). Pe de altă parte, s-au constituit grupele de neuroni pentru coordonarea raporturilor funcţionale dintre neuronii efectori din componenţa aparatelor reflexe locale dispuse pe axul sistemului nervos central. Aceştia alcătuiesc zonele nespecifice, care, aşa cum au dovedit cercetările din ultima vreme (Buser şi Ember 1960, Albe-Fessard 1962, 1964), au un caracter polisenzorial şi se întîlnesc la toate nivelurile de organizare ale nevraxului. În sfîrşit, cea de-a treia direcţie este reprezentată de constituirea sistemelor analizatorilor.

În cursul evoluţiei progresive a animalelor, sistemele analizatorilor

se suprastructurează peste mecanismele reflexe locale, ca aparate de recepție, prelucrare și comutare a semnalelor informaționale de diferite genuri.

Principala masă a elementelor din care se construiesc nodurile comutative, într-un sistem unitar al analizatorilor, constă din neuroni aferenți ce transmit impulsuri verigii comutative următoare a lanțului. La toate nivelurile de integrare, de la măduvă și pînă la scoarță, sistemele analizatorilor se deosebesc în mod evident de formațiunile efectorii și reticulate (nespecifice) ale s.n.c. printr-o ramificație mai abundentă a fibrelor aferente precum și a buchetelor dendritice legate de ele, care pornesc direct de la corpurile celulare. O altă particularitate a sistemelor analizatorilor este dezvoltarea considerabilă a colateralelor ascendente și inverse ale axonilor neuronilor aferenți din care se alcătuiesc principalele magistrale de transmitere a excitației la scoarță (fig. 1).

Schema analizatorului, pe lîngă elementele specifice (receptor, căi de conducere aferente, centri nervoși de proiecție) trebuie să cuprindă

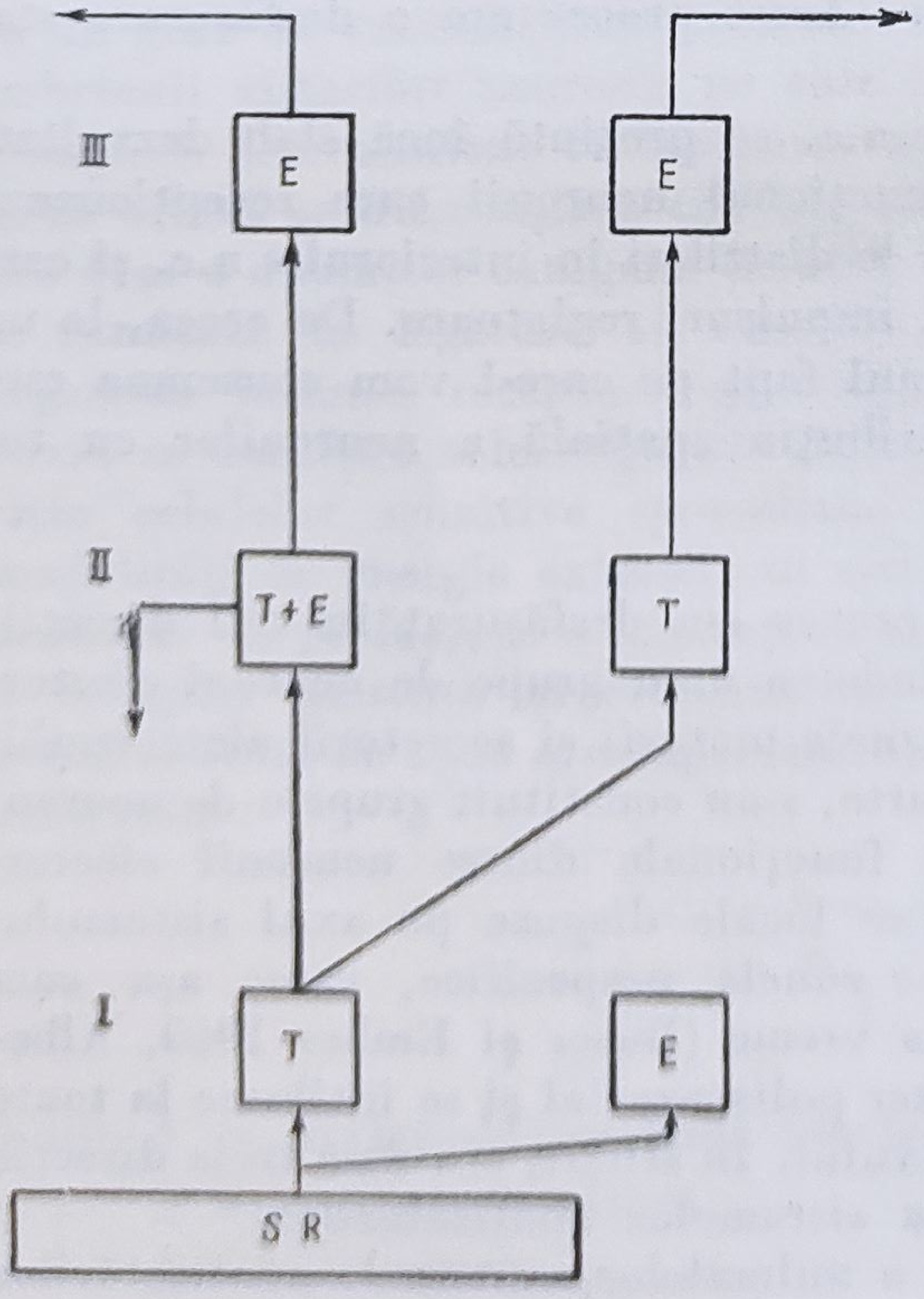


FIG. 1. SCHEMA – MODEL AL ORGANIZĂRII SISTEMELOR AFERENTE

S.R. Suprafața receptoare; *I, II, III*, nivele succesive ale sistemului; *t.* unități de tranzit; *t + e.* cîmpuri de tranzit-ieșire; *e.* cîmpuri de ieșire; *c.* noduri comutative

deci şi aşa-numitele elemente nespecifice (căi de conducere nespecifice şi formaţiunile neuronale corespunzătoare) care au o funcţie polisenzorială şi apar ca noduri de comutare între verigile aferentă şi eferentă ale activităţii reflexe.

Prin prisma acestor date, sensibilitatea încetează a mai fi o însuşire exclusivă a receptorului, invariabilă, fixă aşa cum era considerată în psihofiziologia clasică.

Ea ni se înfăţişează ca o funcţie extrem de complexă care se realizează prin interacţiunea unui întreg lanţ de verigi situate la diferite niveluri. Diferenţiindu-se şi specializîndu-se, funcţia sensibilităţii devine din ce în ce mai dependentă şi mai variabilă. Dependenţa ei se va înregistra, pe de o parte, în raport cu stimulii externi adecvaţi, faţă de care s-a specializat, iar pe de altă parte în raport cu condiţiile interne generale ale organismului şi, în primul rînd, cu starea funcţională a sistemelor analizatorilor.

Proprietăţile fizice ale stimulilor şi condiţiile subiective interne fiind variabile, decurge următoarea cerinţă metodologică: sensibilitatea trebuie cercetată nu numai ca funcţie lineară de tipul $J = f(x)$, ci şi ca funcţie nelineară de tipul $J = f(x, x_1, x_2)$, în care intervine nu doar una, ci mai multe variabile reciproc dependente.

În plus, trebuie ţinut seamă de faptul că la nivelul omului avem de a face nu cu un simplu organism biologic, ci cu ,,subiectul'' pentru care stimulul extern devine ,,obiect''. Acest raport specific, ,,subiect-obiect'' introduce noi variabile în dinamica generală a sensibilităţii şi în procesul recepţiei.

2
Criterii de estimare a sensibilităţii

În cercetarea sensibilităţii se pune în mod firesc problema găsirii unor indicatori după care să se poată aprecia atît prezenţa ei ca funcţie activă, cît şi diferitele sale aspecte calitative, în raport cu acţiunea stimulilor externi adecvaţi. De obicei, criteriul practic al prezenţei sensibilităţii este considerat cel subiectiv, acesta fiind la îndemîna oricui. Individul posedă sau nu o sensibilitate oarecare (vizuală, auditivă, olfactivă etc.) dacă în urma administrării unui stimul de o anumită intensitate relatează că a simţit, văzut sau auzit etc. Corectitu-

dinea răspunsului se verifică apoi pe două căi: a) se modifică intensitatea stimulului şi se urmăreşte dacă subiectul relatează vreo schimbare în senzaţia iniţială; b) se aplică aceleaşi condiţii experimentale mai multor subiecţi şi se compară răspunsurile. În acest din urmă caz, dacă toţi subiecţii sau, cel puţin, marea lor majoritate, relatează prezenţa unei senzaţii, atunci putem afirma cu certitudine că sensibilitatea activă există şi se manifestă în condiţiile date. În afară de simpla prezenţă a senzaţiei, omul va putea relata şi o serie de stări subiective asociate (de exemplu, trăiri emoţionale în funcţie de caracteristicile energetice şi semnificative ale stimulului), ceea ce oferă date suplimentare despre structura şi mecanismele sensibilităţii. Totuşi, oricît de necesare şi uşor de obţinut ar fi datele subiective, ele au întotdeauna un caracter relativ, fiind susceptibile de deformare. În afară de aceasta, criteriul subiectiv se dovedeşte complet inaplicabil în cercetarea sensibilităţii la animale. Aci sîntem lipsiţi de posibilitatea practică de a apela la datele autoobservaţiei; nu numai organismele elementare, dar nici animalele cu o dezvoltare superioară nu ne pot relata nimic despre stările lor interne, ,,subiective''. Astfel se impune necesitatea găsirii unui criteriu strict obiectiv. În ce anume ar putea rezida el? Ce parametru am putea folosi pentru a determina prezenţa sau absenţa capacităţii senzoriale la un animal oarecare? Yerkes, referindu-se la cele două tipuri principale de criterii obiective de care ar dispune psihologia animală, indica, în primul rînd, aşa-numitele criterii de ordin funcţional, adică exprimarea în actele de comportament a diferitelor aspecte ale fenomenelor psihice ce se produc prin acţiunea unui stimul dat asupra organelor de simţ ale animalului. Astfel, s-ar părea că motricitatea (schimbarea poziţiei unui anumit segment al corpului, deplasarea în spaţiu etc.) constituie în general, un indiciu, după a cărui manifestare sau abolire putem determina existenţa sau absenţa vreunei senzaţii. Cînd animalul întoarce capul sau se deplasează în direcţia de unde vine un sunet sau fuge într-o direcţie opusă în momentul declanşării lui, se poate afirma că el este sensibil la sunetul respectiv. Raportată la animalele evoluate, motilitatea pune, într-adevăr, în evidenţă o anumită stare a sensibilităţii, dar raportată la organismele aflate pe o treaptă inferioară de dezvoltare, ea devine nerevelatoare din punct de vedere al funcţiei senzoriale. Motilitatea are o sferă foarte largă de întindere, ea poate fi întîlnită pretutindeni unde avem de a face cu fenomene ale vieţii. Dacă motilitatea ar fi expresia directă şi specifică a sensibilităţii, ar însemna că oriunde apare ea trebuie să existe şi senzaţia ca proces psihic.

Motilitatea nu poate fi luată drept criteriu general al sensibilităţii

şi pentru faptul că nu întotdeauna procesele recepţiei (sesizarea şi înregistrarea unui semnal) se exteriorizează printr-o reacţie motorie de răspuns.

În cazul acţiunii unor stimuli (vizuali, auditivi şi chiar tactili) animalele pot să-i recepţioneze fără a manifesta faţă de ei un comportament de tip motor. Pisica rămîne indiferentă la vocea umană, dar tresare la un uşor foşnet asemănător cu ronţăitul unui şoarece. De aci nu se poate însă trage concluzia cu privire la absenţa sensibilităţii în primul caz şi la prezenţa ei numai în cel de-al doilea caz.

Deşi, după cum am arătat, sensibilitatea şi motricitatea continuă să rămînă strîns legate din punct de vedere funcţional, legătura lor nu este însă univocă şi invariabilă. De aceea mişcarea nu apare întotdeauna ca expresie a unei senzaţii.

Reacţia motorie în sine nu poate constitui un criteriu unic şi pentru că nu se poate stabili dacă ea este un efect al „iritabilităţii" sau al sensibilităţii (fiind legată de ambele aceste funcţii). Motricitatea fiind insuficient de relevantă, am putea apela la criteriul morfologic. Acesta presupune stabilirea prezenţei sau absenţei sensibilităţii pe baza structurilor anatomo-morfologice ale organismului. Aplicîndu-l, am putea constata de pildă că la un anumit stadiu al evoluţiei regnului animal nu există organe structurale specializate pentru recepţionarea influenţelor excitanţilor externi şi pentru realizarea reacţiei de răspuns, şi cu atît mai mult nu există aparate pentru recepţionarea diferenţiată a diverselor modalităţi ale energiei externe, în timp ce, pe o altă treaptă, se înregistrează existenţa individualizată a unor asemenea organe. De aci s-ar putea conchide că sensibilitatea există numai acolo unde se constată prezenţa unor aparate morfologice diferenţiate şi specializate ale recepţiei. Concluzia ar fi valabilă dacă ar exista o legătură imuabilă şi univocă între funcţie şi organ (structură). Or, este demonstrat atît de fiziologie cît şi de biologia generală caracterul mobil şi variabil al legăturii structură-funcţie, posibilitatea reală ca una şi aceeaşi funcţie să fie îndeplinită de organe morfologic diferite, precum şi posibilitatea inversă, ca acelaşi organ morfologic să îndeplinească, pe trepte diferite ale evoluţiei sau în situaţii de viaţă diferite, funcţii diferite. Pornind tocmai de la o asemenea constatare, anatomia comparată distinge două noţiuni: de omologie şi analogie.

Înainte de constituirea structurală a receptorilor specializaţi, sensibilitatea se putea efectua în cadrul unor structuri generale nediferenţiate, dar echivalente, în esenţă, din punct de vedere funcţional, cu structurile analizatorilor. Presupunerea se dovedeşte cu atît mai întemeiată cu cît unele cercetări speciale efectuate în ultima vreme demon-

strează că o formă a sensibilității considerată a fi atît de specializată și proprie exclusiv structurii unui anumit organ, cum este sensibilitatea vizuală, poate fi realizată, atingînd chiar un grad înalt de finețe, și în cadrul unor structuri mult diferite morfologic de receptorul optic. Experimentele au pus în evidență că funcția fotosensibilă a pielii nu constituie o excepție, ci, în condiții special organizate ea poate fi constatată la toți oamenii (Leontiev, 1964).

Așadar, criteriul morfologic nu este nici el cert în stabilirea deosebirilor dintre iritabilitate și sensibilitate. Cum se poate formula atunci criteriul de care avem nevoie? El nu poate fi căutat decît în modul specific de interacțiune dintre organismul animal și mediul extern, întrucît sensibilitatea nu este o funcție în sine, ci un răspuns al unor necesități obiective de adaptare. În ultimă instanță, sensibilitatea mediază o legătură semnalizatoare între acțiunea unor stimuli raportați direct la activitățile biologice fundamentale ale organismului și acțiunea stimulilor ziși indiferenți.

Formarea conexiunii semnalizatoare (cu semnificație biologică pentru organism) se realizează, însă, prin intermediul reacției de orientare a animalului față de stimulii inițial indiferenți, concretizați fie în anumite însușiri ale excitantului necondiționat, fie în excitanți aparținînd cu totul altor modalități. Desigur, desfășurarea în timp a procesului de elaborare a legăturii respective va fi diferit într-un caz și în celălalt. Prin metoda reflexului condiționat se demonstrează ușurința extraordinară, aproape instantaneitatea, cu care se stabilește legătura dintre proprietățile aceluiași obiect, comparativ cu formarea unei legături cu același sens biologic între obiecte și fenomene de modalități diferite. Mecanismul prin care se închide practic conexiunea semnalizatoare este, însă, același în ambele situații. Prin urmare, și într-un caz și în celălalt, reacția de orientare se include ca o verigă componentă necesară (E. Sokolov, 1958, 1964, Jasper, 1960, Floru, 1966, 1968).

Reacția de orientare a organismului în raport cu acțiunea excitanților indiferenți (dar adecvați), care mediază activitatea de răspuns a organismului la excitanții cu importanță biologică necondiționată, poate, așadar, fi luată în calitate de criteriu obiectiv pentru stabilirea prezenței sau absenței sensibilității, la toate formele de organizare animală.

Ea posedă acele particularități fundamentale necesare nu numai pentru a stabili prezența sau absența sensibilității sau diferența dintre sensibilitate și iritabilitate, ci și pentru a urmări dinamica sensibilității în condiții variabile.

Avînd un criteriu obiectiv de bază, se pot apoi folosi şi cele specificate mai sus, care, fiecare într-un fel, dezvăluie aspecte calitative concrete ale sensibilităţii.

3
Corelate psihofizice ale sensibilităţii

Obiectul principal al cercetării sensibilităţii în planul psihofizic îl constituie raportul dintre intensitatea fizică a stimulului standard şi intensitatea senzaţiei exteriorizabile într-o reacţie de răspuns. În legătură cu aceasta, au fost elaborate noţiunile de praguri absolute (inferior şi superior) şi praguri diferenţiale.

Pragul absolut inferior se măsoară prin cantitatea minimă de excitaţie necesară pentru a provoca pentru prima dată o senzaţie. Pragul absolut superior este dat de cantitatea maximă de excitaţie la care organul de simţ stimulat răspunde încă printr-o senzaţie specifică. Peste această limită maximă, subiectul încetează să mai aibă o senzaţie de aceeaşi modalitate, relatînd apariţia unei senzaţii dureroase (deci, aparţinînd unei alte modalităţi senzoriale).

După axiomele clasice, între sensibilitate şi prag există un raport invers proporţional. Cu cît pragul absolut este mai ridicat, cu atît sensibilitatea absolută este mai scăzută, şi invers. $E = \frac{1}{I}$, unde E este sensibilitatea, I — intensitatea liminală a excitantului.

Pragurile diferenţiale reprezintă relaţia cantitativă dintre intensitatea excitantului iniţial şi intensitatea excitantului nou adăugată care produce o modificare abia sesizabilă a senzaţiei iniţiale. Relaţia respectivă este exprimată în cunoscuta lege a lui Weber: mărimea excitantului adăugată la excitantul iniţial este o mărime constantă: $\frac{\Delta x}{X} = k$, unde x este excitaţia iniţială, Δx — creşterea excitaţiei, k — mărimea constantă care depinde de receptor.

Astfel, în cazul sensibilităţii cutanate de presiune mărimea adausului necesară pentru a produce o diferenţă abia sesizabilă a senzaţiei este 1/30; în cazul sensibilităţii auditive acest raport este 1/10; iar în cazul celei vizuale — 1/100.

Pornind de la legea lui Weber, Fechner a presupus că diferenţele abia perceptibile între senzaţii pot fi luate ca egale între ele, întrucît toate

sînt mărimi infinit de mici şi deci pot fi folosite ca unitate de măsură cu ajutorul căreia să se exprime numeric intensitatea senzaţiilor ca sumă (sau integral) a unor cîtimi abia perceptibile (infinit de mici), socotind de la pragul inferior al sensibilităţii absolute. În urma acestei operaţiuni, el a obţinut două serii de mărimi: mărimile excitanţilor şi mărimile corespunzătoare lor ale senzaţiilor. Astfel el formulează legea potrivit căreia, *intensitatea senzaţiilor creşte în progresie aritmetică, în timp ce intensitatea stimulilor creşte în progresie geometrică.*

Fechner exprimă raportul dintre aceste două mărimi variabile printr-o formulă logaritmică: $E = k\log x + C$, unde k şi C sînt nişte constante. Dar reducerea tuturor diferenţelor între senzaţii la 1 este considerată de mulţi cercetători arbitrară. Cercetările ulterioare au scos la iveală o serie de fapte care nu se încadrează în limitele legii lui Weber-Fechner. În primul rînd, s-a stabilit că legea psihofizică nu are o acţiune universală, aşa cum considerau autorii ei, ci se aplică numai în cazul intensităţilor mijlocii. În cazul stimulilor de intensitate slabă şi puternică, care produc focare de excitaţie cu o sferă întinsă de iradiere, legea lui Weber-Fechner devine inaplicabilă. Pe de altă parte, în sensibilitatea protopatică nu se înregistrează creşterea treptată a intensităţii senzaţiei pe măsura intensificării excitantului; aci cînd intensitatea stimulului atinge o anumită limită, senzaţia se manifestă dintr-o dată cu amplitudine maximă (principiul „tot sau nimic"). În sfîrşit, nu se subordonează legii lui Weber-Fechner nici o serie de fapte din electrofiziologia organelor de simţ.

Ulterior, Helmholtz (1896), iar după el Lazarev (1923) au încercat înlocuirea formulei iniţiale a legii lui Weber-Fechner cu o formulă mai complicată, care să exprime principiul general ce stă la baza fenomenelor excitaţiei. Dar nici formulele oferite de Helmholtz şi Lazarev nu surprind întreaga diversitate a proceselor sensibilităţii şi trecerii excitaţiei în senzaţie. Gh. Zapan (1960) emite ipoteza posibilităţii de generalizare a legii psihofizice pe baza teoriei electrochimice. Admiţînd existenţa unor coeficienţi biochimici (pe care-i notează cu a, b, c) ca variabile de care depinde transmiterea influxului nervos, modificarea intensităţii excitaţiei, transformarea acesteia în senzaţie, el ajunge la o formulă aplicabilă pentru explicarea fenomenelor excitaţiei şi inhibiţiei în toate cazurile de intensitate: slabă, mijlocie şi puternică:

$$y = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \log \frac{(2ax + b - \sqrt{\lambda})(b + \sqrt{\lambda})}{(2ax + b + \sqrt{\lambda})(b - \sqrt{\lambda})}.$$

Pragurile sensibilităţii diferenţiale caracterizează posibilităţile limi-nale ale analizatorului şi de aceea ele nu pot servi ca bază nemijlocită pentru calculele lungimii admisibile a alfabetului fizic al semnalelor. De aceea apare necesitatea de a folosi mărimi care să caracterizeze nu diferenţiabilitatea minimă, ci pe cea optimă a semnalelor. În acest sens, în psihologia inginerească a fost introdusă noţiunea de *„prag operativ”*.

În numeroase cercetări experimentale s-a stabilit că o dată cu creşterea divergenţei (intervalului diferenţiat) unei anumite însuşiri perceptibile a semnalelor, cresc şi viteza şi precizia diferenţierii. Corespunzător, pragul operativ se defineşte ca *mărime minimă a divergenţei care atunci cînd este atinsă, viteza şi precizia diferenţierii devin maxime* (Hill, 1961).

În ultimul deceniu, psihofizica a luat un nou avînt determinat, pe de o parte, de sarcina nouă pusă în faţa psihologiei pe linia elucidării modului de organizare senzorială a omului, iar pe de altă parte, de aplicarea teoriei informaţiei şi statisticii în analiza proceselor psihice. În lumina acestor coordonate, psihofizica şi-a lărgit sfera de investigaţie, şi-a restructurat simţitor modul de interpretare a raporturilor dintre stimul şi reacţie. Teoria informaţiei a generat o nouă viziune asupra structurii stimulului. În locul divizării (detalierii) unei configuraţii energetice luate izolat, se operează detalierea şi analiza întregului complex de evenimente, acţiunii căruia organismul poate fi supus într-o situaţie concretă dată.

În structura complexului menţionat de evenimente intră nu numai cantitatea energetică a stimulului adresat receptorului corespunzător, ci şi o serie de excitanţi suplimentari, întîmplători, care se pot suprapune peste acţiunea stimulului de bază.

Un interes deosebit pentru psihofizică îl dobîndeşte aşa-numita matrice a trecerii „excitant-reacţie” (stimulus-response confusion matrix) care leagă fiecare din reacţiile posibile cu fiecare din excitanţii posibili (Pollack, 1961). Studiul relaţiei „excitant-reacţie” se intensifică în legătură cu crearea modelelor alternative.

În general, se operează cu două tipuri de modele psihofizice-alternative: a) modelul în „formă de hartă fixă” şi b) modelul în „formă de bandă elastică”.

Primul tip de model se bazează pe excluderea oricărei interacţiuni între componentele complexului excitanţilor alternativi (Luce, 1959). Modelul presupune că reflectarea oricărui obiect-stimul în spaţiul de diferenţiere este independentă şi invariabilă în raport cu alte elemente componente ale complexului de stimuli. Cu alte cuvinte, fiecărui obiect-

stimul îi corespunde un anumit loc strict delimitat în spațiul general de diferențiere senzorială, iar acest loc nu mai este afectat de acțiunea nici unui alt element component al complexului. În termenii psihofizicii se poate spune că, potrivit principiului de bază al funcționării modelului, orice excitant din complexul dat este eficient numai întrucît el provoacă reacții care intră în componența întregului ansamblu de reacții. Înlăturarea excitantului și redistribuirea reacțiilor corespunzătoare lui în limitele celorlalte elemente ale matricei de tranziție lasă nemodificat raportul dintre legăturile specifice ,,stimul-reacție". Prin urmare, modelul respectiv ilustrează regula raportului constant.

Spre deosebire de acesta, modelul alternativ de tipul al doilea se bazează pe recunoașterea unui înalt grad de interacțiune între elementele componente ale complexului de excitanți. El presupune reflectarea variabilă a excitanților în spațiul de diferențiere corespunzător, iar această reflectare depinde de totalitatea componentelor din complex. Densitatea discriminatorie este variabilă și se află în raport invers proporțional cu registrul excitanților. Modificările în densitate se pot demonstra marcînd un număr de puncte la distanță egală pe banda elastică și calculînd apoi numărul de puncte pe unitatea de lungime a unui segment dat al benzii aflate în stare întinsă și comprimată. (Mc. Gill, 1961).

Conform particularităților acestui model, orice pereche de stimuli specifici va fi bine diferențiabilă cînd întregul registru reflectat este îngust și greu diferențiabilă, cînd registrul respectiv va fi larg. Să presupunem că analizăm spațiul bidimensional de diferențiere în care porțiunile din jurul fiecărui punct sînt zonele nedeterminării punctului respectiv. Constatăm că, cu cît mai multe puncte vom introduce în spațiul fix, de diferențiere, cu atît mai mare va fi gradul de acoperire a acestor zone. O asemenea reprezentare duce la următorul rezultat, confirmat și experimental: cu cît este mai mare complexul de excitanți, cu atît mai mare va fi gradul de fuzionare (amestec) a componentelor complexului.

Se poate afirma că modelelor respective le corespunde un anumit mod de organizare a sistemelor aferente. Astfel, primul (în formă de ,,hartă fixă"), corespunde zonelor specifice de proiecție din scoarța cerebrală (nucleului analizatorului) în care, potrivit datelor anatomohistologice, receptorul este reprezentat după principiul proiecției topice. Aceasta stă la baza analizei și sintezei fine a excitanților. Cel de-al doilea model (în formă de ,,bandă elastică") corespunde zonelor nespecifice și de asociație care înconjoară nucleul analizatorului și fac legătura între diversele sisteme senzoriale. La acest nivel, obiectele se dife-

renţiază şi se identifică nu direct ca în zonele de proiecţie, ci mijlocit, prin raportarea complexului de impulsuri actuale la schemele şi sistemele impulsurilor informaţionale stocate în cursul activităţii perceptive anterioare. Cum însă, în cadrul sistemelor analizatorilor zonele de proiecţie nu funcţionează izolat, ci sincronic cu cele de asociaţie, nu se poate admite ca procesul recepţiei să fie realizat integral şi exclusiv pe baza doar a unuia din cele două tipuri de modele.

Un interes aparte pentru înţelegerea organizării senzoriale prezintă analiza diferenţierii unui complex mai mare de excitanţi. Cercetările efectuate arată că atunci cînd elementele complexului se deosebesc numai după o singură variabilă fizică, cantitatea informaţiei transmise se dovedeşte aproximativ constantă, independent de variabila aleasă. Pentru transmiterea unei cantităţi mai mari de informaţie este necesar ca elementele complexului să se deosebească mai mult decît după o singură variabilă fizică. Pînă la o anumită limită, cu cît va fi mai mare numărul de variabile ce trebuie diferenţiate, cu atît mai mare va fi cantitatea de informaţie transmisă (G. Miller, 1958, Pollack, 1961).

Constanţa relativă a transmiterii informaţiei presupune modificarea funcţională a capacităţii rezolutive a mecanismelor psihofizice. Dar pentru adaptarea efectivă a acestei capacităţi în raport cu mediul extern neorganizat, în care evenimentele se petrec (sau se succed) la intervale variabile este necesară existenţa unui mecanism mnemonic de tip tampon. O serie de date pledează în favoarea existenţei lui la om (Broadbent, 1958).

Dacă admitem existenţa unui asemenea mecanism între mediul extern şi sistemele de prelucrare ulterioară a informaţiei se naşte întrebarea: operaţiile de selecţionare a informaţiei senzoriale au oare loc înainte sau după trecerea acesteia prin mecanismul mnemonic? Adică, poate exista o filtrare a informaţiei la chiar nivelul receptorilor, înainte de prelucrarea ei în mecanismele centrale? Se ştie că există un mod grosolan de filtrare „preferenţială" a semnalelor informaţionale care se realizează pe calea simplei orientări şi reglări reflexe a receptorilor (ca de exemplu prin închiderea sau deschiderea ochilor, contractarea sau dilatarea pupilei etc.). Este însă posibilă o localizare funcţională a operaţiilor de selecţie? Cercetările experimentale asupra comunicaţiilor pe fondul zgomotului conduc la presupunerea că nivelul primar al selecţiei propriu-zise a semnalelor informaţionale se află situat după mecanismul mnemonic, iar nu înaintea lui. Această ipoteză se bazează pe rezultatele experimentelor în care limitarea complexului de excitanţi care urmează după emiterea mesajului se dovedeşte adesea tot

atît de eficientă pentru perceperea lui, ca şi limitarea înainte de emiterea mesajului (Pollack, 1959).

O altă grupă de experimente a demonstrat că dimensiunile complexului de excitanţi nu constituie o caracteristică critică pentru efectuarea acţiunii. În cazul memoriei de scurtă durată, numărul obiectelor de reţinut nu depinde de dimensiunile complexului. Volumul memoriei noastre se limitează, probabil, la numărul obiectelor reţinute şi mai puţin la cantitatea de informaţie care revine la un obiect. Pentru păstrarea unei cantităţi mai mari de informaţie se cere ca fiecare ,,segment'' (obiect) să conţină o cantitate mai mare de informaţie. Aceasta presupune o anumită ,,reîmpachetare'' sau ,,recodificare'' a semnalelor senzoriale (Pollack, 1961).

Una dintre aplicaţiile cele mai rodnice ale psihofizicii la studiul sensibilităţii o reprezintă analiza structurii statistice a cîmpului stimulator extern. Datorită existenţei unui anumit grad de incertitudine sau nedeterminare, cauzat de frecvenţa inegală a elementelor componente ale cîmpului, activitatea de descoperire a semnalului se supune unor legi statistice. Demonstrarea acestui fapt se face prin urmărirea comportării unui sistem electronic în condiţiile unui iluminat reglabil; se dau în 50% din probe licăriri scurte, de asemenea reglabile, iar în 50% din cazuri nu se dau asemenea licăriri. Sistemul de detectare a semnalului constă dintr-un fotoelement receptor şi aşa-numitul detector liminal al reacţiei. Dacă semnalul de ieşire a fotoelementului va atinge nivelul critic pentru apariţia reacţiei, atunci sistemul va da răspunsul (,,licărire''). Dacă însă fotoelementul nu va asigura atingerea nivelului critic, atunci sistemul va da răspunsul ,,nu'' (,,nu există licărire''). Să presupunem că în caz de necesitate, detectorul liminal al reacţiei se poate acorda la diferite niveluri critice. Atunci vor rezulta mai multe situaţii.

Dacă detectorul liminal se acordează pentru un nivel critic extrem de jos al reacţiei, fotoelementul va sesiza şi înregistra aproape toate ,,licăririle''. În termenii teoriei descoperirii statistice, aceasta înseamnă că se atinge o înaltă probabilitate de ,,ţintire''. Acordarea sistemului la un nivel funcţional ridicat se plăteşte însă scump. Adesea, fotoelementul va înregistra prezenţa licăririlor (stimulilor) şi în acele cazuri cînd, de fapt, acestea nu se dau (Pollack şi Decker, 1958).

În limbajul teoriei descoperirii statistice aceasta înseamnă că are loc o înaltă probabilitate de ,,falsă alarmă''. Aşadar, cînd pragul critic al reacţiei este scăzut, înalta probabilitate de ,,ţintire'' va fi conjugată cu o înaltă probabilitate de ,,falsă alarmă''.

Dacă detectorul sistemului va fi acordat la un nivel critic înalt al reacției, (pragul ridicat), atunci sistemul nu va putea relata prezența licăririlor în multe cazuri în care acestea realmente apar. Corespunzător, sistemul va înregistra foarte rar prezența licăririlor în probele în care acestea nu se dau. Prin urmare, probabilitatea scăzută de ,,țintire'' este secondată de o probabilitate scăzută a cazurilor de ,,falsă alarmă''.

Cele spuse mai sus referitor la fotoelementul receptor al unui sistem electronic, a cărui activitate de detectare a semnalului are un caracter probabilistic, pot fi aplicate și la sistemele senzoriale ale omului care îndeplinesc o așa-numită *activitate rezolutivă*. Sistemele senzoriale ale omului posedă un registru foarte larg de posibilitățile de reglare a nivelului lor funcțional. Pentru aceasta este suficient să variem, de pildă, instructajul dat subiectului-observator sau valoarea (intensitatea) relativă a sancțiunii aplicate pentru semnalele omise și pentru alarmele false. Potrivit datelor lui I. Pollack și R. Decker (1958), în condiții specifice ce caracterizează raportul dintre semnale și zgomote, capacitatea de diferențiere a observatorului rămîne nemodificată în cadrul unui larg diapazon al nivelurilor de lucru. Aplicarea metodei detectării statistice a stimulului la studiul fenomenelor sensibilității se bazează pe admiterea caracterului cuantic al senzației, asigurat de existența unui detector de prag (infinitesimal) la nivelul receptorilor. Întrucît experimentele comportă dificultăți extrem de mari, unii autori (S. Stevens, T. Morgan, I. Volkmann, 1941) pun la îndoială posibilitatea desfășurării proceselor senzoriale la nivel cuantic, invocînd drept argument existența și influența zgomotului care maschează ,,cuanta senzorială nervoasă''.

Într-adevăr, în condiții experimentale, și cu atît mai mult în condiții naturale obișnuite, este deosebit de dificilă separarea unei cuante și izolarea ei de influența perturbatoare a zgomotului (nu numai exterior, dar și interior — zgomotul fiziologic) pentru a-i înregistra efectul pur asupra receptorului. Cu toate acestea, s-a stabilit că o cuantă care poartă o cantitate infimă de energie (de ex. $3{,}8 \cdot 10^{-12}$ erg./sec., în cazul sensibilității vizuale, $10^{-12} - 10^{-11}$ erg./cm^2, în cazul sensibilității auditive), dacă zgomotul este extrem de slab, poate provoca o senzație specifică. Realizarea unui observator ideal capabil să extragă întreaga informație accesibilă din semnalele și zgomotele din jur și să mențină timp îndelungat efectul excitației cuantice nealterat, ar permite studiul concret, în detaliu, al problemei caracterului cuantic al proceselor senzoriale.

În cercetările consacrate acestei probleme trebuie, însă, ținut seama de faptul că organismul animal posedă nu numai o sensibilitate generală E, exprimată în formula $E = 1/I$, ci și o sensibilitate selectivă, strict

adecvată (A), caracterizată prin formula $Ar = \frac{1}{(I, t, q, 1 \ldots)} = max.$,
unde r arată că, în cadrul sensibilității adecvate A, este considerată caracteristica reacției la stimul (răspuns verbal, reflex condiționat, modificarea electroretinogramei etc.) (Makarov, 1965).

Această sensibilitate adecvată se manifestă cu efect maxim (max.) atunci cînd stimulii se aleg corespunzător nu numai după intensitate (I), dar și după durată (t), după dimensiunea spațială (q), după curbura creșterii în timp (1) și, probabil, după mulți alți parametri. Prin urmare, stimulul trebuie considerat sub toate aspectele sale, iar nu numai sub cel energetic. Cu cît mai mulți parametri ai stimulului corespund sau se apropie mai bine de particularitățile funcționale ale sistemului senzorial dat, cu atît sensibilitatea adecvată se va manifesta la un nivel mai înalt, cu atît va fi mai mare posibilitatea de a surprinde caracterul cuantic al proceselor senzoriale.

Stimulul specific trebuie variat după toți parametrii esențiali, iar nu numai după intensitate. Dar orice sistem viu, inclusiv analizatorii posedă un anumit grad de inerție. După primirea în momentul dat a unei stimulări (semnal) el devine refractar, un anumit interval de timp, față de stimulul următor. Starea refractară, ca interval al sensibilității, determină structura ritmică (discontinuă, discretă) a principalelor fenomene vitale, inclusiv a celor specific senzoriale. De aci decurge o cerință de ordin metodologic concret: investigarea capacității rezolutive a sistemelor analizatorilor după parametrul timp (t). Pe lîngă alte aspecte, o asemenea investigație pune în evidență, în primul rînd, viteza reacțiilor fiziologice de tip senzorial, mobilitatea funcțională a fiecărui analizator în parte. În acest scop se recurge la procedeul *discretometriei*, elaborat de P. O. Makarov (1934).

Se determină intervalul critic al discontinuității între doi stimuli care facilitează evidențierea discontinuității dintre două acte fiziologice: procese senzoriale, operații ale activității de muncă etc. În prezent, există discretometre electronice care sînt folosite în același timp, și ca adecvatometre. Ele permit să se dea doi stimuli specifici sau electrici, dozați după diferiți parametri, cu intervalele dorite între ei; asigură posibilitatea prezentării atît a doi stimuli independent unul de altul, cît și administrarea unei stimulări ritmice (optice, acustice, mecanice, electrice). În plus, adecvatometrul permite asocierea stimulilor de diferite modalități și prezentarea lor în complexe simultane sau succesive.

Aplicarea metodei discretometriei a stabilit că acțiunea oricărui stimul adecvat generează un microinterval în activitatea sistemului aferent dat. În cadrul acestui interval s-au desprins o serie de momente

(etape): 1) sumarea primară (acțiunea a doi stimuli identici provoacă un efect egal cu cel provocat de acțiunea unui singur stimul mai puternic); 2) absența sumării (efectul a doi stimuli este același ca și efectul determinat de acțiunea singulară a oricăruia dintre ei); 3) efectul sumării secunde, (efectul celor doi stimuli depășește iarăși nivelul efectului fiecăruia dintre ei); 4) în sfîrșit, pe fondul perioadei sumării secunde apare așa-numitul interval critic caracterizat prin aceea că subiectul constată pentru prima dată natura dublă a stimulării.

Importanța cercetării atît a problemei detectării statistice a stimulului cît și a problemei discretibilității (determinării intervalului critic) rezidă înainte de toate în faptul că ea ne oferă posibilitatea de a pătrunde în micromecanismele proceselor senzoriale, în biofizica complexă a analizatorului. De aceea, cele două aspecte ocupă un loc principal în cadrul problematicii generale a psihofizicii moderne.

4
Particularitățile psihofiziologice ale sensibilității

O cotitură importantă în orientarea cercetărilor sensibilității în planul psihofiziologic a fost marcată de elaborarea noțiunii de analizator, ca unitate morfo-funcțională a receptorului, căilor de conducere, centrilor nervoși superiori de analiză și integrare (sinteză) și conexiuni inverse.

Sensibilitatea apare astfel ca funcție cu caracter variabil a întregului analizator.

De aci decurge că, în afară de corelatele psihofizice pe care le-am analizat mai sus, trebuie desprinse și legități de ordin psihofiziologic. Acestea se referă la modificarea parametrilor funcționali ai sensibilității, pe de o parte, sub influența acțiunii de lungă durată a stimulului specific constant, iar pe de altă parte ca rezultat al interacțiunii reciproce a sistemelor senzoriale. În primul caz, vom avea de-a face cu fenomenele adaptării, oboselii și inhibiției; în cel de-al doilea — cu fenomenele sensibilizării, depresiei și sinesteziei.

Adaptarea. Aceasta este o însușire generală a sensibilității. Ea se manifestă în sfera tuturor modalităților senzoriale și exprimă dinamica proceselor interne care au loc în analizator sub acțiunea îndelungată a unui stimul specific de intesitate constantă. În funcție de intensitatea acestuia din urmă, ea poate duce fie la *creșterea*, fie la *scăderea* nivelului

inițial al sensibilității. Întrucît se ia întotdeauna în raport cu nivelul inițial al sensibilității, adaptarea trebuie interpretată ca fenomen relațional. Aceasta înseamnă că ea va începe întotdeauna de la un nivel dat al sensibilității; în funcție de acesta, precum și de intensitatea și durata stimulului ea va înregistra valori diferite. Totodată, întrucît depinde și de caracteristicile morfofuncționale ale analizatorilor, de rolul și locul fiecăruia dintre ei în procesul reflectării și comportamentul organismului, adaptarea se va desfășura în grade diferite în cadrul diferitelor modalități ale sensibilității.

După acest criteriu, D. Adrian (1928) a împărțit receptorii în două categorii: 1) receptori rapid adaptabili la acțiunea îndelungată a stimului (receptorii sensibilității cutanate și olfactive) și 2) receptori greu adaptabili, senzația nu slăbește sub acțiunea îndelungată a stimulului (ex. proprioceptorii). La baza adaptării stau mecanisme de ordin periferic și central. În cadrul mecanismelor periferice trebuie considerate înainte de toate modificările primare care se produc în fiecare receptor sub influența acțiunii stimulilor adecvați (descompunerea pigmenților care transformă energia externă în influx nervos specific, modificarea gradului de penetrabilitate a membranelor celulelor senzitive, modificarea numărului de celule senzitive care participă în fiecare moment în recepționarea stimulului etc.). În cadrul mecanismelor centrale se include în primul rînd influența inversă descendentă (stimulatorie sau frenatorie) pe care reprezentanța corticolă o exercită asupra receptorului, precum și legăturile temporare care se formează prin condiționare între diferiți excitanți.

În sfîrșit, un rol deosebit de important în fenomenul adaptării îl joacă procesele trofice (L. A. Orbeli, 1935).

S-a demonstrat că modificarea sensibilității prin procesul autoreglării analizatorilor depinde nu numai de intensitatea fizică și durata de acțiune a stimulului, ci și de valoarea de semnalizare a acestuia (E. N. Sokolov, 1958). La un stimul cu valoare de semnalizare procesul adaptării se produce în ritm mai lent și în limite mai reduse decît la unul indiferent.

În cazul acțiunii stimulilor semnificativi, reacția de orientare care este implicată direct în ridicarea nivelului sensibilității generale și locale, are o durată mai mare decît în cel al acțiunii stimulilor indiferenți. Se poate astfel afirma că acțiunea legilor psihofizice se modulează după particularitățile psihofiziologice interne.

Legea intensității absolute (fizice) se transformă în legea forței relative (fiziologice), ceea ce înseamnă că între intensitatea fizică a stimulului

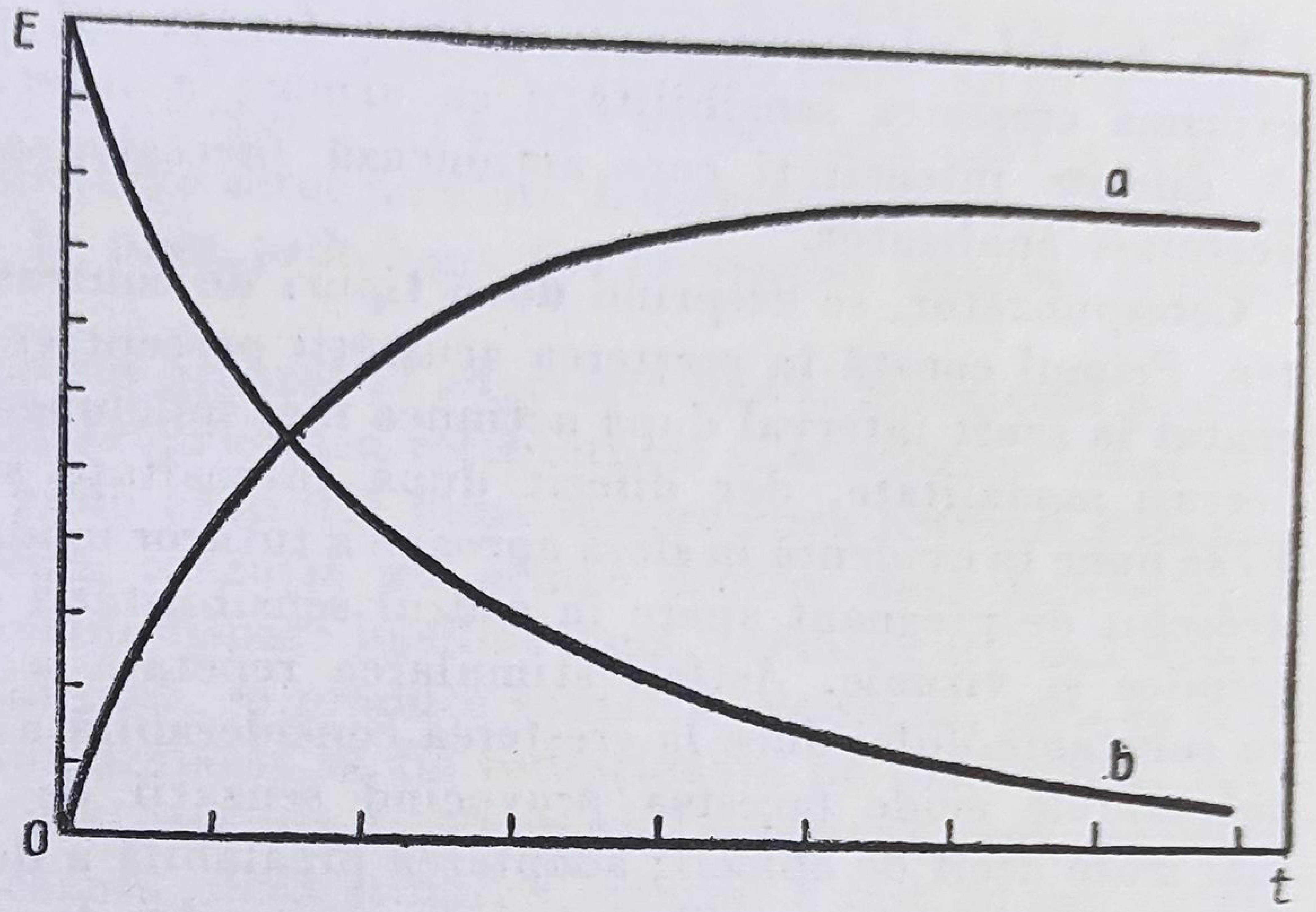


FIG. 2. DINAMICA ADAPTĂRII

o — t. timpul de acţiune a stimulului; *o — E.* nivelul sensibilităţii; *a.* curba restabilirii sensibilităţii; *b.* curba scăderii sensibilităţii

şi intensitatea reacţiei (senzaţiei) nu poate fi stabilită o legătură univocă, invariabilă.

Prin condiţionare se poate determina chiar inversarea raporturilor de forţă: la stimuli cu intensitate fizică mare, dar cu valoare de semnalizare mică, se elaborează reacţii de răspuns slabe, în vreme ce la stimuli cu intensitate fizică mică, dar cu valoare de semnalizare mare, pot apare reacţii de răspuns puternice. Concomitent, se constată şi anumite modificări în calităţile subiective formale ale senzaţiei, exprimate în tendinţa subiectului de a subestima sau supraestima valoarea unor însuşiri fizice (precum, intensitatea, forma, mărimea, distanţa etc.) ale stimulilor daţi.

Analiza dinamicii procesului adaptării relevă următoarele faze principale:

1) faza modificării bruşte a sensibilităţii (creşterea sau scăderea ei);

2) faza modificărilor lente (de asemenea, în sensul creşterii şi descreşterii);

3) faza relativei stabilităţi (menţinerea sensibilităţii, la nivelul stabilit, în decursul unui interval apreciabil de timp). Grafic, acest proces este reprezentat în fig. 2 (a şi b).

În general, adaptarea trebuie considerată ca mecanism de optimizare a procesului recepţiei, de stabilire a sensibilităţii (şi a întregului analizator) la nivelul funcţional care corespunde cel mai bine caracteristicilor fizice şi valorii de semnalizare ale stimulilor specifici.

Pe fondul adaptării se manifestă fenomenul *contrastului*. Acesta exprimă creşterea sensibilităţii ca urmare a interacţiunii excitanţilor de diferite intensităţi care acţionează succesiv sau simultan asupra aceluiaşi analizator.

Corespunzător, se desprind două tipuri de contrast: *succesiv* şi *simultan*. Primul constă în creşterea acuităţii perceptive faţă de stimul prezentat la scurt interval după acţiunea mai îndelungată a altui stimul de aceeaşi modalitate, dar diferit după intensitate şi nuanţă (calitate). El se pune în evidenţă în sfera aproape a tuturor modalităţilor senzoriale; deosebit de pregnant apare în cadrul sensibilităţii gustative, olfactive, termice şi vizuale. Astfel, stimularea repetată a aparatului gustativ cu substanţe dulci duce la creşterea considerabilă a sensibilităţii pentru substanţele acide (acestea provocînd senzaţii de acru cu intensitate mai mare decît de obicei); adaptarea prealabilă a dominatorilor de roşu determină creşterea sensibilităţii dominatorilor de verde (Granit, 1956); stimularea îndelungată cu rece ridică sensibilitatea pentru cald etc.

Contrastul simultan constă fie în accentuarea reciprocă a clarităţii şi pregnanţei stimulilor prezentaţi în acelaşi moment în cîmpul perceptiv, fie în evidenţierea unui stimul sub influenţa stimulilor învecinaţi (de fond).

Pentru a apare, este necesar ca stimulii să se deosebească între ei după intensitate, saturaţie şi tonalitate. Diferenţele nu trebuie să depăşească anumite valori: să nu fie nici prea mari încît să genereze fenomenul de *alternanţă* (lupta cîmpurilor perceptive), nici prea mici ca să genereze amestecul. Contrastul simultan are o sferă de întindere mai redusă decît cel succesiv. Este greu de înregistrat în cadrul sensibilităţii gustative şi olfactive şi slab exprimat în cadrul celei auditive. Cel mai pregnant se evidenţiază în percepţia vizuală: contrastul culorilor — care generează o gamă nesfîrşită de nuanţe ale senzaţiilor corespunzătoare (îndeosebi contrastele culorilor din natură — Minnaert, 1965); constratul mărimilor spaţiale (perceperea variabilă a mărimii unuia şi aceluiaşi obiect, în funcţie de contextul sau fondul pe care este prezentat). Ambele tipuri de contrast apar ca urmare a modificărilor funcţionale ale sensibilităţii. Mecanismul lor direct îl constituie procesele de inducţie reciprocă şi autoinducţie care au loc pe baza interacţiunii diferitelor cîmpuri receptoare şi verigilor structurale ale unuia şi aceluiaşi sistem aferent. Fenomenele de contrast au o importanţă deosebită pentru optimizarea activităţii de detectare a semnalelor.

Se consideră chiar că în structura fiecărui analizator există mecanisme speciale de creare şi accentuare a contrastelor (Gibson J.J., 1952, Attneave, 1959, George, 1961, Fraisse şi Voillaume, 1966). Aceste mecanisme se

reglează la diferite nivele și în funcție de sarcina perceptivă sau de caracteristicile fizice și statistice ale stimulilor emit două categorii de semnale: de sensibilizare (coborîre a pragurilor) a unor neuroni senzitivi și de inhibare (creștere a pragurilor) a altor neuroni. Diferențele de nivel în starea de excitație creează în plan psihologic (în percepție) imagini contrastante.

Strîns legat de procesul general al adaptării este și fenomenul postacțiunii. La baza lui stă proprietatea receptorului și a centrilor senzoriali de a păstra încă un timp excitația după întreruperea acțiunii stimulului adecvat. După cum senzația nu atinge dintr-o dată intensitatea maximă, tot așa ea nici nu dispare imediat după încetarea acțiunii stimulului. Datorită acestui fapt, se produce sumarea excitației, ceea ce face ca acțiunea stimulului următor să fie recepționată pe fondul unei sensibilități variabile — mai crescute dacă stimulul anterior a avut o intensitate slabă sau mai scăzută, dacă stimulul anterior a fost de intensitate puternică.

În termenii teoriei automatelor aceasta înseamnă că analizatorul funcționează în regim mixt: valoarea mărimii de ieșire este funcție nu numai de mărimea de intrare (intensitatea stimulului), ci și de starea internă a sistemului. Iar întrucît aceasta din urmă își modifică valorile coordonatelor, rezultă că și mărimea de ieșire variază în timp.

Orice sistem aferent posedă o anumită inerție (exprimată tocmai în fenomenul postacțiunii) care pune anumite limite capacității sale rezolutive. În opoziție cu inerția apare labilitatea ca proprietate care tinde să crească capacitatea rezolutivă a sistemului. Nici una nici cealaltă nu au însă caracter absolut; dacă ar atinge nivelul absolut ambele ar deveni factori perturbatori ai recepției.

Sensibilizarea și depresia. Spre deosebire de adaptare, care oglindește modificările complexe, într-o direcție sau alta, ale sensibilității unui analizator sub influența acțiunii îndelungate a stimulului adecvat de o anumită intensitate, sensibilizarea și depresia desemnează modificările sensibilității — prima — în direcția creșterii, cea de-a doua — în direcția scăderii, — care se produc ca rezultat al legăturilor funcționale din interiorul unuia și aceluiași analizator, pe de o parte, și dintre analizatori diferiți, pe de altă parte. Cu alte cuvinte, sensibilizarea presupune creșterea sensibilității unor porțiuni (segmente) ale unui analizator prin stimularea specifică a altor segmente, învecinate sau îndepărtate, ale aceluiași analizator, sau creșterea sensibilității unui analizator ca urmare a excitării adecvate a altui analizator. La rîndul său, depresia este legată de scăderea sensibilității care are la bază aceleași mecanisme.

Luate împreună, sensibilizarea şi depresia reprezintă proprietăţi psihofiziologice esenţiale ale sensibilităţii, a căror cercetare are o deosebită importanţă teoretică şi practică. Importanţa teoretică rezidă în aceea că permite o cunoaştere mai profundă a legităţilor interne de funcţionare a sistemelor aferente; importanţa practică decurge din faptul că dezvăluirea naturii şi mecanismelor prin care se realizează sensibilizarea şi depresia conduc la găsirea unor procedee naturale, de ordin psihofiziologic, de dirijare şi optimizare a procesului recepţiei sau de ridicare a toleranţei funcţionale a diverşilor analizatori atunci cînd sînt solicitaţi în condiţii mai dificile.

Analizatorul reprezintă în sine un sistem funcţional complex, care deşi constituie un tot funcţional unitar, indivizibil, are totuşi componente interne ce prezintă particularităţi structurale şi fiziologice distincte. Chiar în cadrul aceleiaşi verigi (de pildă, receptorul) există o mare diferenţiere a unităţilor structurale. Astfel încît, în mod obiectiv, se creează necesitatea unor legături funcţionale bilaterale între toate elementele componente ale sistemului. Asemenea legături devin şi mai evidente în cadrul analizatorilor pereche (vizual, auditiv) şi în cadrul modalităţilor complexe ale sensibilităţii (cutanată, gustativă, ş. a.). Legăturile intraanalizatori constituie mecanismul cel mai important al autoreglării sistemului aferent, în procesul recepţionării stimulilor adecvaţi. Prin intermediul lor se asigură modificarea electivă a sensibilităţii diferitelor segmente componente.

Cercetările efectuate în laboratoarele lui R. Granit (1947), S. Kravkov (1948), S. Stevens (1951, 1961) ş.a. au dat la iveală numeroase fapte experimentale care atestă posibilitatea provocării sensibilizării sau depresiei unei porţiuni sau unui segment al unui analizator, ca urmare a excitării altor porţiuni ale aceluiaşi sistem.

Astfel, o iluminare scurtă (1—10 minute) a porţiunii periferice a retinei unui ochi duce la creşterea sensibilităţii porţiunii centrale a retinei celuilalt ochi. În mod analog, adaptarea unui ochi la o lumină de intensitate medie duce la sensibilizarea zonelor periferice ale retinei ochiului pereche. Stimularea prealabilă îndelungată a ochiului cu lumină roşie duce la scăderea sensibilităţii (depresia) tuturor dominatorilor şi modulatorilor sistemului receptor de undă lungă (590—780 M.M.) şi la sensibilizarea dominatorilor şi modulatorilor sistemului receptor de undă scurtă, corespunzători fîşiei bleu-albastru-violet a spectrului cromatic (respectiv, 380—480 M.M.). Dimpotrivă, stimularea îndelungată a dominatorilor şi modulatorilor aparţinînd sistemului receptor pentru albastru determină creşterea sensibilităţii dominatorilor şi modulatorilor de roşu.

O pondere şi o importanţă practică şi mai mare o au însă modificările sensibilităţii care apar pe fondul interacţiunii generale a analizatorilor.

Formulată ca interacţiunea organelor de simţ, această problemă a atras de multă vreme atenţia cercetătorilor în domeniul psihofiziologiei, iar numeroase observaţii clinice arătau posibilitatea reală de modificare a proprietăţilor funcţionale ale unor organe de simţ în urma acţiunii cu excitanţi specifici asupra altor organe de simţ. De la simpla observare şi înregistrare sporadică a unor fapte s-a trecut la cercetarea sistematică în laborator a problemei interacţiunii. (S. V. Kravkov, 1948). Au fost în detaliu studiate particularităţile interacţiunii dintre majoritatea sistemelor aferente, stabilindu-se efectul ei contradictoriu în sfera sensibilităţii. Astfel, stimularea receptorului auditiv cu sunete de anumite frecvenţe (1 000 — 3 000 Hz.) determină o creştere notabilă a sensibilităţii aparatului bastonaşelor din retină, în timp ce excitarea aceluiaşi receptor cu sunete de altă frecvenţă provoacă un efect contrar. Corespunzător, impresionarea receptorilor vizuali cu o lumină de intensitate medie este urmată de sensibilizarea analizatorului auditiv. Excitarea între anumite limite şi în anumite condiţii a analizatorilor tactil sau kinestezic duce la creşterea sensibilităţii vizuale sau auditive, iar între alte limite şi în alte condiţii, asemenea excitare duce la apariţia fenomenului de depresie.

Luîndu-se în consideraţie legea adaptării, a fost studiat gradul de oboseală şi inhibiţie în cadrul diferitelor sisteme aferente, elaborîndu-se procedee speciale de optimizare a procesului de recepţie. Pe baza acestor cercetări a fost formulată o regulă practică extrem de importantă, potrivit căreia, atunci cînd un analizator este intens şi timp îndelungat solicitat într-o anumită activitate, pentru menţinerea tonusului funcţional ridicat trebuie recurs la stimularea auxiliară, cu doze corespunzătoare de excitaţie specifică, a altui analizator.

5

Timpul de reacţie ca indicator al funcţiei de recepţie

Timpul de reacţie caracterizează capacitatea discriminatorie şi „operativitatea" sistemelor aferente în condiţii de solicitare diferite. După cum se ştie, timpul este unul din factorii care influenţează în mod esen-

țial și permanent asupra proceselor psihice în general. Orice proces psihic are întotdeauna o desfășurare în timp.

În studiul sensibilității, măsurarea timpului de reacție devine cu atît mai necesară, cu cît, de multe ori, în calitate de criteriu al prezenței sau absenței unei funcții senzoriale, se alege criteriul motricității.

Timpul de reacție este totdeauna o mărime variabilă. Valoarea lui va depinde de numărul stimulilor prezentați și de semnificația acestora, de intensitatea și pregnanța lor, de starea funcțională prezentă a sistemelor analizatorilor, de factorii dispoziționali (Merkel, 1885; Woodworth, 1938; Hick, 1952; Bruner și Postman, 1958). Stabilirea modului în care acești factori concreți influențează asupra timpului reacției de răspuns este o sarcină de cercetare permanentă, atunci cînd trebuie să caracterizăm nivelul funcțional al sensibilității unui subiect. Prin aceasta trebuie avut însă în vedere că timpul reacției de răspuns are o componență complexă: în alcătuirea lui intră intervalul necesar pentru conducerea impulsurilor senzoriale de la periferie la centru, intervalul cheltuit pentru analiza specifică a impulsurilor aferente și identificarea stimulului (aceste două intervale formează ceea ce putem numi timpul de recepție sau al sensibilității), și, în sfîrșit, intervalul necesar pentru conducerea semnalului de la mecanismul de comandă la organul efector și pentru punerea în funcțiune a acestuia (timpul de execuție).

Deși posedă anumite caracteristici stabile determinate de particularitățile psihofiziologice individuale, (atunci cînd comparăm între ei mai mulți subiecți), sau de specificitatea funcțională a diverselor sisteme aferente și eferente, (atunci cînd avem în vedere un singur subiect), raporturile dintre cele trei intervale menționate mai sus au o manifestare variabilă, în funcție de situația concretă în care este inclus subiectul. De aceea, în anumite cazuri, se impune separarea lor. Desigur, pentru studiul sensibilității importanța principală o prezintă primele două intervale. În vederea delimitării lor mai precise trebuie să apelăm la metode speciale (E. E. G., cronaximetria).

În prezent, deosebit de actuală a devenit problema stabilirii dependenței timpului de reacție de cantitatea de informație extrasă din cîmpul stimulator.

În cercetările clasice nu s-au formulat nici un fel de legi cantitative în această privință, iar faptele obținute nu au fost explicate pînă la capăt. Hick (1952) formulează pentru prima dată problema dependenței timpului reacției la alegere de cantitatea de informație conținută în stimul. Punctul de plecare al cercetărilor lui l-au constituit faptele stabilite de J. Merkel (1885), care arătase că în experimentul cu reacția la alegere, o dată cu creșterea numărului stimulilor de la 2 la 10, crește

şi timpul de reacţie. Cu datele obţinute de Merkel, Hick a construit un grafic, în care pe abscizâ a fost marcat numărul stimulilor alternativi, iar pe ordonată — valoarea timpului reacţiei la alegere. A rezultat o curbă care atestă o dependenţă logaritmică între cele două variabile, dependenţă pe care Hick a exprimat-o în formula funcţională lineară R T = log n. (R.T. — timpul mediu de reacţie la un simbol, n — numărul simbolurilor). Aceasta înseamnă că timpul reacţiei la alegere este proporţional cu logaritmul numărului alternativelor din care se face alegerea. Hick consideră situaţia experimentală dată ca un fel de sistem de transmitere a informaţiei, în care aparatul excitanţilor reprezintă sursa de informaţie, iar subiectul — un canal specific de legătură între informaţia de intrare şi cea de ieşire (input şi output). După situaţia reacţiilor de răspuns (la ieşire) putem judeca despre calitatea transmisiei.

Situaţia experimentală de mai sus pune subiectul în faţa sarcinii de a alege una din „n" posibilităţi echiprobabile. De aceea, simbolul „log n" nu reprezintă altceva decît cantitatea medie de informaţie pe stimul, care, de regulă, se desemnează prin semnul H.

Exprimarea matematică a legităţii descoperite de J. Merkel şi formularea ei în termenii teoriei informaţiei au dat posibilitatea lui Hick să enunţe o nouă ipoteză, potrivit căreia, există o anumită viteză constantă de obţinere a informaţiei de către subiectul-perceptor. Pentru demonstrarea acestei ipoteze s-a recurs la un procedeu experimental asemănător cu cel folosit de Merkel. Subiectului i se cerea o reacţie disjunctivă (apăsarea pe o cheie la diferiţi stimuli). Intervalele dintre stimuli au fost fixate la 5 sec. Este important de menţionat că, aci intervalul se consideră un stimul suplimentar, menit să mărească gradul de nedeterminare. Rezultatele obţinute în seria respectivă de experimente au confirmat pe deplin datele lui Merkel şi demonstrează utilitatea funcţiei R T = a log (n + 1), pentru descrierea relaţiei stabilite.*

În cea de-a doua serie de experimente, accentul nu s-a mai pus ca în prima, pe corectitudinea reacţiei, ci pe viteză, subiectului fiindu-i permis să facă şi erori. (După cum se ştie, apariţia şi existenţa erorilor, arată pierderea informaţiei în procesul de transmisie). Scopul acestei serii a constat tocmai în a demonstra valoarea generală a legităţii stabilite în prima serie. Pentru calcularea informaţiei actual transmise s-a folosit ecuaţia R = H(x) — H(x/y), pe care, transformînd-o corespuzător specificului experimentului psihologic, a obţinut relaţia R = = log (ne + 1), unde „ne" înseamnă gradul efectiv al alegerii echi-

* Cifra 1 care apare în această formulă reprezintă stimulul nou suplimentar, adică intervalul.

valente mărimii „n" în seria reacțiilor corecte, cînd informația se transmite integral. Rezultatele obținute au confirmat pe cele din prima serie, demonstrînd implicit valabilitatea generală a legității stabilite. Prin urmare, a reieșit și aici că timpul de reacție este proporțional cu logaritmul numărului echivalent de stimuli, adică cu cantitatea de informație transmisă: $RT = a \log (ne + 1)$. Ideea principală care trebuie reținută din aceste experimente constă în aceea că timpul de reacție este dependent tocmai de cantitatea de informație conținută în stimul, iar viteza obținerii de către om a informației este în medie constantă*. (Cantitatea de informație este proporțională cu timpul necesar pentru abstragerea ei).

În al doilea rînd, rezultă că noțiunea de cantitate de informație în psihologie nu se aplică aidoma ca în tehnică. În psihologie, pentru studiul vitezei reacției, trebuie să operăm cu noțiunea de „informație utilă", care, în ultimă instanță, este rezultatul mai multor variabile ce intervin în cadrul interacțiunii concrete dintre subiect și obiect.

Problema dependenței timpului de reacție de cantitatea de informație, a fost cercetată oarecum dintr-un alt unghi de către R. Hyman (1956). Acest autor a demonstrat echivalența psihologică a trei procedee diferite de variere a informației în experimentele cu reacția la alegere. Informația s-a modificat în limitele de la 0 la 3 unități binare prin următoarele procedee:

1. modificarea numărului de alternative echiprobabile din care urma să fie făcută alegerea;
2. modificarea probabilităților de apariție a diferitelor alternative;
3. introducerea dependenței succesive a apariției anumitor alternative de altele, adică modificarea probabilității condiționate de apariție a anumitor alternative. În toate cele trei serii de experimente accentul principal s-a pus pe precizia (corectitudinea) reacției. Rezultatele experimentelor au dovedit că:

1. dependența dintre timpul reacției și cantitatea informației reprezintă o funcție lineară de tip general:
$RT = a + bH$, unde $a \neq 0$;
2. această legitate se manifestă în variate situații și condiții de modificare a informației.

Prin urmare, din punct de vedere psihologic, diferitele procedee de modificare a informației (cantității ei) sînt echivalente.

* Conform datelor lui Hick, această viteză este egală cu 5 db. eg/sec. și a fost confirmată în lucrările efectuate ulterior de către Bricker (1956).

Ceea ce au adus nou experimentele lui Hyman, spre deosebire de cele ale lui Hick, este desprinderea probabilității de apariție a stimulului ca factor psihologic deosebit, care condiționează viteza reacției. Cu cît semnalul este mai puțin probabil, cu atît el este mai neașteptat, din punct de vedere psihologic, pentru subiect; ca atare, subiectul este cu atît mai surprins și deci mai puțin pregătit pentru reacție. El reacționează mai rapid la semnalul care apare mai frecvent (fiind mai pregătit pentru recepționarea lui) și mai lent la stimulii neașteptați. În acest caz, o importanță psihologică deosebită o dobîndește analiza activității de orientare — investigare în raport cu cele două categorii de stimuli.

Cercetările din ultima vreme (Krincik, 1964; Swets, 1964; Fraisse și Voillaume, 1966 ș.a.) au arătat că pe lîngă numărul stimulilor, ca variabilă de care depinde timpul de reacție trebuie considerată complexitatea alegerii. Astfel, în ultimă instanță, acesta apare ca funcție logaritmică de primul parametru (numărul stimulilor) și ca funcție lineară de cel de-al doilea (complexitatea alegerii).

6
Analizatorii ca sisteme cu autoreglare

Din punct de vedere cibernetic, *analizatorii sînt aparate de recepție, prelucrare, păstrare și emitere de informație*. Ei se construiesc după principiul sistemelor aferent-eferente. De aci rezultă că, deși ca verigi de legătură între organism și mediu aparțin tipului de sisteme deschise, din punct de vedere al organizării interne posedă și caracteristici funcționale specifice sistemelor închise. Existența în cadrul lor a mecanismelor reverberative (inele) și de tip feed-back scoate în evidență, cu deosebită pregnanță, înaltul lor grad de autoreglare. Astfel concepute, sistemele senzoriale pot fi studiate prin analogie cu mașinile cibernetice. Se constată că ele dezvăluie anumite asemănări cu acestea.

1. Ca și mașinile cibernetice sistemele analizatorilor au o continuă intrare și ieșire, și ceva ce se petrece între aceste două capete;

2. Ca și mașinile cibernetice analizatorii funcționează într-o succesiune ireversibilă a timpului, de un gen termodinamic și statistic (scăderea sensibilității cu vîrsta este un exemplu revelator);

3. Și analizatorii posedă mecanisme prin intermediul cărora informația (modelele actelor de comportament) care conține în sine organizarea (entropia negativă) poate fi înmagazinată pentru uzul viitor;

4. Prin intermediul unor subsisteme speciale sistemele analizatorilor sînt capabile să-și mențină ceva ce aduce foarte mult cu starea oscilatorie a mașinilor cibernetice (urmărirea unui stimul variabil). Modificîndu-se sub influența a o multitudine de factori (obiectivi și subiectivi) sensibilitatea tinde permanent spre un nivel constant fără a-l atinge vreodată. Printre multitudinea de variații singulare putem întrezări și surprinde, prin procedee statistice, o valoare medie mai mult sau mai puțin caracteristică pentru starea generală a sensibilității unui subiect în cadrul unei modalități date;

5. Ca și mașinile cibernetice, analizatorii își desfășoară activitatea pe baza unei informații specifice. Informația de intrare tinde întotdeauna să limiteze (reducă) aria probabilității, adică numărul alternativelor de ales pentru a ajunge la o soluție adaptativă (corectă). De aci rezultă că adecvarea mesajului de comandă (a informației declanșatoare) depinde de veracitatea informației recepționate și transmise, de veracitatea imaginii senzoriale ca purtător al programului acțiunii. Aceasta din urmă depinde de capacitatea de admisie și rezolutivă a sistemului analizator dat. De aci, iese și mai mult în evidență caracterul activ, dinamic al reflectării senzoriale.

Dincolo de aceste asemănări, între automate și sistemele analizatorilor există deosebiri funcționale importante. Astfel, automatele depășesc analizatorii noștri în ceea ce privește capacitatea de admisie (conducere), și cantitatea de operații efectuate în unitatea de timp. În același timp, însă, analizatorii lasă mult în urmă automatele în ceea ce privește eficiența, stabilitatea față de perturbații, suplețea și universalitatea.

Funcția sensibilității, în măsura în care ea reglează anumite acte efectorii asigurînd alegerea unei scheme operaționale din mai multe posibile, apare ca fenomen informațional. Aplicarea teoriei statistice a informației la cercetarea funcțiilor senzoriale are o importanță esențială pentru modelarea lor. Aci poate fi folosită o astfel de proprietate importantă a analizatorului precum, ,,capacitatea de admisie''. Trebuie, desigur, folosite metode de codificare optimă, mijloace de creștere a stabilității față de perturbații etc. Întrucît însă caracteristicile calitative ale imaginii senzoriale, ca structură informațională, sînt lăsate în afara analizei singură interpretarea statistică a informației nu ne permite să dezvăluim specificul schemei funcționale a analizatorului.

N. Wiener a pus bazele tratării informației ca proces de conducere și organizare. După el, seriile semnalelor, asemenea seriilor stărilor lumii externe pot fi tratate ca grupe care posedă entropie. ,,După cum entropia este măsura dezorganizării, informația transmisă de semnal este măsura organizării. Desigur, informația transmisă de semnal poate fi interpretată, în esență, ca negare a entropiei sale și ca logaritm negativ al probabilității sale'' (1957, p. 34).

Raportată la om, ,,informația este de asemenea conținutul obținut din lumea externă în procesul adaptării noastre la ea și al adaptării la ea a organelor noastre de simț. Procesul de obținere și folosire a informației este procesul adaptării noastre la întîmplările mediului extern și la acțiunea noastră asupra acestui mediu'' (ibid. p. 31). Prin urmare, Wiener consideră procesul recepției ca o formă particulară a interacțiunii pe baza căreia se realizează coordonarea acțiunilor omului. Potrivit acestei idei, conținutul lumii externe intră în sistemul de conducere (analizator) prin intermediul unei anumite forme de organizare a stărilor lui, organizare care formează semnalul ca model (pattern) al sursei informației (stimulul, obiectul). Și tocmai datorită faptului că informația reprezintă în sine o formă specifică de organizare a stărilor purtătorului ei, care este totodată modelul sursei ei, semnalele pot fi folosite de sistemele analizatorilor (ca sisteme de conducere) pentru adaptarea la calitățile acestei surse și la modificările ei (reglarea și autoreglarea). Organizîndu-se într-o formă specifică, grupele de semnale posedă o entropie negativă, care se opune entropiei (pozitive).

Prin urmare, în aplicarea teoriei informației la studiul activității analizatorilor trebuie să ținem seama atît de aspectul cantitativ, cît și de cel calitativ al fenomenelor informaționale (analiza conținutului). Dacă primul aspect a fost bine elucidat și elaborate procedee matematice precise de determinare a cantității informației, cel de-al doilea aspect —calitativ — este de abia în curs de cercetare.

Determinarea cantitativă a informației presupune găsirea anumitor unități, egale între ele, care să poată fi adunate, spre a ne da volumul general al informației în situația dată. Pentru aceasta, sfera informației trebuie restrînsă la cîteva clase particulare de situații, în care termenul respectiv se aplică exclusiv mesajului care ne va da posibilitatea să facem alegerea între calea sigură (adecvată) și alternativele ei.

Dacă toate alternativele și probabilitatea lor sînt cunoscute pe baza experienței anterioare atunci putem avea un punct de plecare pentru a calcula informația ce ne parvine de la o aserțiune particulară sau de la un fragment al mesajului. Atunci, cantitatea de informație obținută

va fi măsurată stabilind cît de mult reduce ea (proporțional) numărul alternativelor din care trebuie aleasă una.

Pentru a avea o fracțiune sau rație constantă de reducție a gradului de nedeterminare (incertitudine) s-a hotărît că, în orice moment, numărul existent de alternative se va reduce la jumătate, concomitent fiind obținută (cîștigată) o unitate de informație. Unitatea respectivă este denumită bit*.

Să presupunem că subiectul este pus în fața a 32 de alternative, din care el trebuie să aleagă pe cea care este întărită pozitiv. Admitem că subiectul nostru primește un mesaj care-l conduce la alegerea de prima dată a alternativei corecte. Numărul posibilităților este redus în acest caz de la 32 la una singură. Se întreabă ce cantitate de informație a conținut mesajul primit? Pentru a răspunde la această întrebare, trebuie să pornim de la afirmația făcută mai înainte, că fiecare alegere (respectiv, fiecare fragment de mesaj) reduce în fiecare moment numărul alternativelor la jumătate. Astfel, primul fragment (prima secvență) de mesaj reduce, în cazul nostru, numărul alternativelor posibile de la 32 la 16. De aceea, el ne va furniza 1 bit de informație. Cel de-al doilea fragment reduce în continuare alternativele de la 16 la 8, oferindu-ne un al doilea bit de informație; următorul fragment aduce alternativele de la 8 la 4, dîndu-ne al treilea bit de informație; mai departe, alternativele se reduc de la 4—2 și obținem corespunzător al patrulea bit de informație, apoi de la 2 la 1, și obținem, în sfîrșit, al cincilea bit (final). Prin urmare, în mesajul original (inițial) au fost conținuți 5 biți de informație, care ne-au indicat soluția corectă a problemei.

Putem exprima semnificația unității noastre, spunînd că, cantitatea de informație conținută în orice mesaj dat, care reduce numărul alternativelor la 1, este egală cu logaritmul în baza 2 din numărul alternativelor existente în situația dată. Mai general, cantitatea de informație care reduce K alternative la k/x este egală cu log 2 x biți. Reconstituind raționamentul în ordine inversă, găsim că:

1 bit este cantitatea de informație necesară pentru a lua o decizie între două alternative echiprobabile; (2^1).

2 biți, — cantitatea de informație necesară pentru a decide între 8 alternative egale (2^3); 4 biți, — cantitatea care ne ajută să facem ale-

* Termenul „bit" a fost creat prin fuzionarea a două cuvinte „binary" și „digit" (unitate binară). De aci și denumirea de „digitale" a unor calculatoare bazate pe principiul alternativelor binare (existența doar a două alternative). Prin urmare, în sistemul binar al mașinii, cantitatea de informație operatorie într-o decizie oarecare, este întotdeauna egală cu 1 bit.

gerea corectă din 16 alternative (2^4); 5 biţi, — cantitatea de informaţie care ne asigură alegerea căii corecte din 32 alternative egale (2^5); N biţi reprezintă cantitatea de informaţie necesară luării unei decizii din n alternative echiprobabile (2^n).

Determinarea cantităţii informaţiei este necesară pentru cercetarea capacităţii de admisie şi rezolutive a analizatorilor, problemă deosebit de importantă din punct de vedere teoretic şi practic. În acelaşi scop, se impune stabilirea în cadrul procesului recepţiei a raportului dintre informaţia de intrare şi informaţia transmisă. Acesta urmează a fi stabilit diferenţiat pentru stimulii unidimensionali (care se deosebesc după o singură însuşire) şi multidimensionali (care se deosebesc după mai multe însuşiri). Cercetările efectuate au stabilit existenţa unor deosebiri substanţiale între diverşii analizatori în ceea ce priveşte cantitatea de informaţie transmisă, adică informaţia pe baza căreia se asigură o discriminare corectă a stimulilor şi reacţii de răspuns adecvate. Astfel, în cazul recepţiei stimulilor auditivi unidimensionali, (însuşirea discriminatorie fiind înălţimea) cantitatea de informaţie transmisă creşte linear pînă la 2 biţi şi asimptotic pînă la 2,5 biţi. Aceasta înseamnă că nu putem prezenta subiectului un număr mai mare de 6 înălţimi (alternative), pentru ca el să nu le confunde niciodată. Pe linia intensităţii, capacitatea canalului auditiv este de 2,3 biţi, sau, aproximativ, 5 alternative perfect discriminabile.

Pentru analizatorul gustativ, capacitatea de transmisie este de 1,9 biţi, (corespunzînd aproximativ a 4 concentraţii diferite), iar pentru analizatorul vizual, în cazul discriminării poziţiei unui punct pe o dreaptă, cantitatea de informaţie transmisă este mult mai mare — 3,25 biţi (Pollack, 1952, Garner, 1953, Eriksen, 1954).

În cazul folosirii unor stimuli multidimensionali, capacitatea de transmisie a canalelor analizatorilor creşte. Creşterea corespunzătoare a cantităţii de informaţie nu se face însă prin adiţiune simplă, ci printr-un proces de integrare, în cadrul căruia cantităţile individuale sînt supuse unei anumite operaţii de reducţie. Astfel, sarcina diferenţierii unui punct într-un plan, oferind posibilitatea formulării a două categorii de judecăţi (referitoare la poziţia punctului pe verticală şi pe orizontală), apare mai uşoară, întrucît asigură transmiterea unei cantităţi mai mari de informaţie, decît sarcina anterioară de diferenţiere a poziţiei unui punct pe o linie. Cantitatea de informaţie nu este însă egală cu suma unităţilor de informaţie furnizate de fiecare însuşire discriminatorie a stimulului (adică nu este 6,5 biţi), ci sensibil mai mică — 4,6 biţi. Respectiv, subiectul va putea diferenţia bine 24 poziţii ale punctu-

lui în plan (Klemer și Frick, 1953). Aceasta înseamnă că cea de a doua dimensiune (însușire diferențiatoare) crește capacitatea canalului dar nu atît de mult cît ne așteptam. Lucrurile se complică atunci cînd stimulii variază după mai multe dimensiuni. Pollack și Ficks (1954) au efectuat experiențe cu stimuli auditivi care variau după 6 parametri: frecvență, intensitate, rația de intermitență, fracțiunea pe unitatea de timp, durata totală, localizarea spațială. În aceste condiții, informația transmisă este de 7,2 biți, ceea ce corespunde aproximativ a 150 alternative care vor putea fi identificate fără erori. Observăm că principiul menționat mai sus se respectă și aici. Adică, creșterea numărului de variabile ale stimulului duce la creșterea cantității de informație transmisă, ceea ce ridică capacitatea de discriminare a subiectului, dar nu printr-o adițiune simplă a unităților de informație corespunzătoare fiecărei note (variabile) individuale, ci printr-un proces general de integrare.

Așadar, rezultă că creșterea numărului variabilelor după care urmează a fi diferențiat un stimul duce la creșterea capacității discriminatorii generale a stimulului în analizatorul dat, (sporește cantitatea de informație transmisă), dar, în același timp, atrage după sine scăderea „vigilenței" și caracterului selectiv al orientării perceptive în raport cu o anumită variabilă particulară. Pentru organism este însă mai bine să aibă o informație mai mică despre un număr mare de lucruri din ambianță (care este în continuă fluctuație), decît să posede o cantitate mare de informație despre un fragment foarte redus (limitat) al realității. Aceasta și explică adaptarea și structurarea funcției perceptive, cu precădere în raport cu o biectele ca întreg unitar, care posedă o stabilitate mai mare în timp, și mai puțin în raport cu însușirile concrete, variabile ale lucrurilor. De aci decurge funcția integrativă specifică a sistemelor analizatorilor.

Ca orice sistem de comunicație real analizatorul nu este ideal din punctul de vedere al transmisiei informației. El este supus influenței zgomotului (perturbațiilor). Aceasta creează posibilitatea unei anumite denaturări a semnalului, ducînd la pierderea unei anumite cantități de informație.

În funcție de existența zgomotelor și de valoarea raportului semnal/zgomot apare în mod firesc necesitatea de a deosebi informația emisă și informația real transmisă. Problema este de a determina cantitatea de informație ajunsă la destinație (ieșirea canalului). După Shannon, volumul informației realmente transmisă este dat de formula: $R = H(x) - H(x/y)$, unde $R =$ informația utilă transmisă prin sistem, $H(x) =$ informația existentă la intrarea canalului. După obținerea la ieșirea canalului a semnalului y denaturat de perturbații, se păstrează o anu-

mită nedeterminare relativă la faptul care din mesajele posibile x_i a fost emis în realitate. Această „nedeterminare reziduală" se caracterizează de entropia condiționată — H(x/y). Entropia condiționată ne dă măsura cantității de informație la o alegere (sau măsura nedeterminării înainte de alegere) din mulțimea de x posibile, dacă este cunoscut Y în medie după toți y. Ea se poate determina cu ajutorul formulei:

$$H(x/y) = \Sigma_k\, p(y_k)\, \Sigma_i\, (px_i/y_k) \cdot \log \cdot p(x_i/y_k),$$

unde: $p(y_k)$ — probabilitatea semnalului y_k, $p(x_i/y_k)$ — probabilitatea faptului că a fost emis semnalul x_i, dacă a fost primit semnalul y_k. Cantitatea de informație caracterizată de diferența Hxt) — H(x/y) și luată în cazul calculării entropiei, în unitatea de timp, senumește viteză reală de transmisie a informației; luată în cazul calculării entropiei pe simbol ea caracterizează însă volumul informației real transmise. Dacă pe canal nu acționează nici un fel de zgomote, atunci H(x/y) va fi zero. Aceasta înseamnă că întreaga cantitate de informație emisă de sursă în unitatea de timp dată ajunge la destinatar. Dacă intensitatea zgomotului este atît de mare încît H(x/y) = H(x), atunci la destinație nu va putea ajunge nici un fel de informație (toată se pierde pe parcurs).

Viteza maximă de transmitere a informației caracterizează capacitatea de admisie a canalului (C). Mărimea lui C ne arată că în cazul existenței zgomotelor, printr-o codificare corectă, adică prin armonizarea (sincronizarea) sursei și canalului, pe canal se poate transmite în unitatea de timp o cantitate de informație egală cu C unit/sec., cu o probabilitate mică de eroare. Dacă cantitatea de informație care sosește la intrarea canalului este mai mare decît capacitatea sa de admisie, probabilitatea erorilor crește considerabil și în procesul de recepție a semnalului apare nesiguranță.

În procesul evoluției s-au elaborat mecanisme de redondanță care cresc rezistența la perturbații. Printre acestea menționăm pe acelea de accentuare a contrastelor, de clasificare, de stocare și comparare, precum și interacțiunea de tip semnalizator (reflex condiționat) dintre dverșii analizatori.

Din aspectul calitativ al informației trebuie reținute în primu rînd *utilitatea* și *modul organizării* semnalelor (conținutul intern al mesajelor senzoriale). Utilitatea sau valoarea informației senzoriale este caracterizată de probabilitatea atingerii scopului sau finalizării acțiunii comandate. Astfel, dacă înainte de obținerea informației probabilitatea atingerii scopului este p, iar după primirea ei —p' atunci mărimea valorii $I = \log \frac{p'}{p}$ (Harkevici, 1960). Alți autori (Hincin, 1956, Novik,

1963), iau drept criteriu de estimare a valorii informației mărimea oscilației (abaterii, pozitive sau negative) de la linia homeastazei înlăturată cu ajutorul semnalelor primite.

Modul organizării semnalelor ne permite să stabilim gradul de *adecvare* a imaginii senzoriale. Întrucît percepția ca fenomen informațional este factor de conducere și reglare, structurarea elementelor sale trebuie să reproducă structura stărilor (însușirilor) obiectului recepționat. Această corespondență de tipul izomorfismului metric se realizează grație unei succesiuni de transformări în interiorul canalului aferent dat. Acțiunile operatorilor de codare și recodare (P) sînt convertite în sens invers prin operatorii de decodare. Ca urmare, între obiectul extern și imaginea sa senzorială se stabilește corespondența de identitate: $P P^{-1}x = x$.

7
Conținutul obiectual al senzațiilor

După cum rezultă din expunerea de mai sus, analizele cibernetice au reactualizat și au pus într-o lumină nouă rolul codurilor neurosenzoriale în geneza senzației, considerate în același timp ca stare, semnal și imagine. Este de la sine înțeles faptul că în absența unui cod, informația nu poate fi captată și transmisă. În cazul de față, este vorba de procese mecanice, biofizice, biochimice și fiziologice, care au loc la nivelul analizorului. Toți autorii contemporani sînt de acord cu faptul că între aceste coduri sau procese de codificare și stimul este o relație de corespondență izomorfă, respectiv fiecăreia din însușirile obiective îi corespunde, în sistemul organului de simț, un anumit eveniment. Între însușirea obiectivă și evenimentul sau transformarea din sistemul neurosenzorial existînd o corespondență, nu este însă un raport de similitudine formală, care să ne permită în orice situații să postulăm o identitate. De aceea, elementele codului sînt, pe drept cuvînt, socotite semne, componente ale unui alfabet natural, chiar simboale ce înlocuiesc și semnifică un real. În termeni curenți, am putea considera codurile și codificarea ca reprezentînd mecanisme fiziologice. Încă Helmholtz și Hering înțelegeau prin conceptul de ,,cue'', în același timp, semn, hieroglifă și mecanism.

Neurofiziologii, nu numai în secolul trecut, dar şi în secolul nostru, încheindu-şi investigaţia la nivelul mecanismelor fiziologice, au avut tendinţa de a reduce semnificaţia momentului psihic al senzaţiei la semnificaţia obiectuală a elementelor de cod. De aici, o serie de grave neînţelegeri, de absurde interpretări gnoseologice de felul celora pe care le-a combătut şi înlăturat Lenin în *Materialism şi empiriocriticism*. Este binecunoscută poziţia leninistă constînd, între altele, din discriminarea dintre semn, cod, pe de o parte şi imagini, pe de altă parte.

Senzaţia ca atare, luată în conţinutul ei informaţional, nu este un semn ci un fapt de reflectare aproximativ adecvată a unor însuşiri ale lumii obiective. Aceasta însă nu înseamnă, aşa cum au vrut să arate unii autori, că nu există coduri, că procesele senzoriale nu uzează de semne, pe care, poate nu într-o ordine socială, ci implicit biologică, le-am numi ,,convenţionale''.

Toată problema constă în a recunoaşte că senzaţia este produsul final al unor repetate şi succesive codificări-transformări, că ea are la bază codificarea fără a se identifica întru totul cu ea.

Psihologia ştiinţifică de mult timp a afirmat că între proces fiziologic şi produs psihic este, din punctul de vedere al conţinutului, o deosebire calitativă cu valoare principială (Rubinstein, 1956). Această deosebire constă, în cazul de faţă, în aceea că, în ordinea gnoseologică, senzaţia nu mai este un semn sau un simbol, ci o imagine, o copie subiectivă a realului.

Există argumente cu o covîrşitoare putere de convingere în ce priveşte conţinutul obiectual al senzaţiei. Lenin arăta că, dacă senzaţiile, prin conţinutul lor, nu ar corespunde şi calitativ situaţiilor obiective, atunci adaptarea biologică ar fi imposibilă. De pe poziţiile neurociberneticii, Hawkins, (1964) ajunge la concluzia că ,,dacă prelucrarea impulsurilor, semnale, ar fi arbitrară şi nu adaptativă, atunci literalmente nimic nu s-ar obţine, afară de zgomote ... Canalele senzoriale sînt prea bine adaptate izvorului normal al semnalelor, pentru a da posibilitatea, în mod stabil, unei astfel de decodificări a succesiunii de semnale, care să perturbe principiile fundamentale ale naturii''. La om, multimilenara practică social-istorică determină o şi mai mare adecvare a imaginii senzoriale la izvorul ei obiectual.

Faptul, că omul nu doar că se orientează după anumiţi stimuli, dar produce obiecte, permite o remarcabilă perfecţionare calitativă a semnalelor senzoriale. Superioritatea omului faţă de animale, în ordinea senzorială, este, aşa cum a remarcat-o Engels, nu cantitativă (acuitate), ci de ordin calitativ, reflectoriu.

Este necesar însă ca să reanalizăm această problemă și din punct de vedere anatomo-fiziologic, psiho-fizic și psiho-fiziologic.

În primul rînd, se impune constatarea cu privire la însăși adecvarea structurală a aparatelor de simț la principalele forme de mișcare a materiei. Organele de simț de mult timp au fost considerate aparate optice, acustice, chimice și, în epoca contemporană, s-au dezvoltat discipline care le cercetează ca atare, de ex. optica și acustica fiziologică.

Marx considera că, înainte de toate, ochiul trebuie să fie luat ca un obiect fizic, pus în raport cu alte obiecte fizice. Vavilov, studiind ochiul de pe pozițiile fizicianului, a declarat că acesta este de natură solară întrucît poate reproduce principalele procese ce au loc în soare, respectiv, este adecvat funcțional legilor interne ale energiei luminoase.

Timp de milioane și miliarde de ani filogeneza a înregistrat modificări și specializări ale detectorilor senzoriali, în conformitate cu principiile de dezvoltare a energiilor obiectiv existente. Prin urmare, adecvarea se descopere, în linii mari, chiar la primul nivel, cel morfologic.

Cît privește codificarea, aceasta se realizează la diverse niveluri, dobîndind, dincolo de receptor, caracter de recodificare. Este foarte important să subliniem faptul că mijlocul principal de codificare fiind impulsurile nervoase extrem de rapide și oscilatorii, relația izomorfă cu realitatea este continuă și foarte perfecționată. Ruschton (1964) subliniază excepționala finețe a modulațiilor de frecvențe constatate în traseele aferente.

Izomorfismul se apropie de desăvîrșire, fiind susceptibil de o exprimare matematică exactă. Nu este deci o deviație către heteromorfism, ci o succesivă apropiere de homomorfism. Fiecare din succesivele integrări neurosenzoriale reprezintă, după Vekker, Tühtin, Uvarov ș.a., un pas către constituirea imaginii, deci către semnalizarea homomorfă. Deși intervalele de timp sînt infime, procesele declanșate în canalele informaționale se realizează ca modelări progresive ale însușirilor obiective și aceasta întrucît codificarea nu este univocă, fiind indisolubil legată de decodificare.

Dezvoltată mai mult în legătură cu sistemele tehnice, cibernetica nu a insistat asupra fenomenului decodificării. Or, după opinia noastră, între codificare și decodificare este același raport necesar-contradictoriu ca și între asimilație și dezasimilație, analiză și sinteză etc.

S-ar putea chiar considera că recodificările au și semnificație de parțiale decodificări. În acest sens este semnificativ faptul că, după extirparea nucleilor corticali ai analizatorului, prin punctele difuze, se mai pot opera totuși unele diferențieri grosiere (lumină-întuneric). Ori unde se închide un circuit, apărînd posibilități de reglaj prin proprioefec-

tori şi aferentaţie inversă, se realizează decodificarea, întrucît se produce o confruntare corectivă cu obiectul.

Unii autori presupun că trecerea de la semn izolat la imagine este şi rezultatul unei sumaţii de semne, a comasării şi sintezei lor.

Alţi autori, printre care Uvarov (1967), identifică decodificarea cu saltul calitativ de la nivelul fiziologic la nivelul psihic, considerînd că în acest moment „caracterul de semnal al impulsului nervos dispare, producîndu-se incluziunea într-o formă superior calitativă de corespondenţă (ordonare), specifică pentru imaginea formată". Conţinuturile parţiale simple sînt absorbite şi transformate într-un moment intern, esenţialmente de similitudine şi adecvare a imaginii la obiect (Tühtin, 1963).

Se realizează prin urmare un proces în care elementele reflectorii semnalizatoare şi simbolice se află în raporturi de unitate contradictorie. Înăuntrul acestui proces reflectarea este finală, dar subiectiv, dominantă. Neîndoielnic, la conturarea imaginilor complexe, percepţii, contribuie structurile funcţionale, preformate, modelele stocate în creier.

Senzaţia dobîndeşte un conţinut obiectual cu atît mai pregnant cu cît ea, fiind primară, nu este şi element unic al cunoaşterii, ci reprezintă doar treapta cea mai elementară, care la rîndul ei suportă influenţele corective şi de sistematizare pe care le determină structurile superioare ale conştiinţei realizate la un nivel superior de esenţialitate şi verificare a acesteia.

8
Modalităţile de recepţie senzorială şi clasificarea lor

În mod tradiţional, s-a considerat că există cinci organe de simţ: văzul, auzul, tactul, gustul şi mirosul. Pînă în secolul al XIX-lea despre cele „cinci organe" s-a vorbit ca despre un fapt definitivat. Această definitivare era însă destul de şubredă, întrucît se întemeia pe o constatare mai mult exterioară, anatomică a organelor de simţ. Cel de-al şaselea loc era încă de mai mult timp, în diverse forme, solicitat. Tot ceea ce era vag, necunoscut, în ordinea senzorialităţii şi chiar în ordinea extrasenzorială se considera a fi „al şaselea simţ".

Era în această poziţie o prioritate acordată mai degrabă funcţiei decît organului care putea să fie încă necunoscut. Cu timpul, însă, prin cerce-

tările psiho-fiziologice, s-a constatat cu fermitate prezența indubitabilă a simțurilor muscular, organic, termic, static, vibratoriu; s-a relevat natura senzorială a durerii. Mai mult decît atîta, în structura funcțională a simțurilor complexe cum sînt auzul, văzul, gustul s-au descoperit subsisteme, care ar putea să fie autonome. Numărul formelor de sensibilitate a crescut, s-a dublat, chiar s-a triplat și prudența științifică ne obligă astăzi să nu mai postulăm limite. Pentru astfel de poziții pledează și argumente filozofice. Lumea este infinită în diversitatea aspectelor ei. Este firesc ca și activitatea de reflectare senzorială să dobîndească forme de organizare variabile și tinzînd spre cuprinderea specializat-adecvată a aspectelor diverse ale lumii. Observăm însă că, în condițiile în care criteriul de definire a unei modalități senzoriale este mai mult funcțional și psihologic decît anatomomorfologic, devine foarte dificilă delimitarea fiecăreia dintre modalitățile de recepție.

Caracteristic pentru descoperirea de noi modalități, în ultimul secol, este faptul că se începe prin delimitarea funcției senzoriale și numai după aceea se caută structura ce îndeplinește această funcțiune. În unele cazuri s-a reușit să se găsească organele receptoare. Este cazul kinesteziei, al sensibilității vestibulare și al celei organice. În altele se mențin încă dificultăți. Se pune problema dacă insuccesul în descoperirea fermă a unor căi specializate pentru transmiterea semnalelor dureroase sau vibratorii ține exclusiv de limitele cunoașterii contemporane sau este simptomul unei situații obiective care trebuie să fie apreciată în principiu. Avem în vedere prezumția că modalitățile senzoriale sînt inegal specializate, iar unele din ele se bazează pe mecanisme ale altora sau, mai bine zis, pe o combinare de mecanisme. Nu în toate cazurile solicitările externe au ajuns să determine constituirea unui aparat de recepție cu desăvîrșire specific, ca în cazul văzului sau auzului. Tocmai această polimorfă realizare funcțională a sensibilității ne explică de ce pot apărea sau pot fi reactualizate noi și noi modalități de recepție. Considerăm această expresie „modalitate de recepție" ca fiind cea mai nimerită, iar nu pe cea clasică de „organ de simț".

Modalitatea de recepție senzorială indică corespondența dintre stimuli specifici și senzații adecvate stimulilor. Este caracteristic faptul că în clasificările modalităților, care s-au încercat în ultimul secol, s-au adoptat drept criterii nu datele morfologice, nu organele, ci condițiile și direcțiile recepției. Sherrington a elaborat diviziunea în receptori de contact și receptori de distanță. Luată strict fizic, această clasificare este imperfectă, întrucît, chiar în cazul distant — receptorului tipic, văzul, — contactul retinei cu cuantele de lumină absorbite este evident. Tot Sherrington a lansat clasificarea trihotomică: exteroreceptori, proprio-

receptori, şi interoreceptori. Aici însă intervin imperfecţiuni pe care le relevă analiza fiziologică. Astfel, Airapetiantz a demonstrat că orice stimul dinafară provoacă o reacţie sintetică intero-exteroceptivă. Propriorecepţia îndeplineşte şi sarcini exteroreceptive. Modalitatea gustativă realizează nu numai o analiză a stimulului alimentar, dar şi a stimulilor interni, ţinînd de aparatul digestiv şi de compoziţia sîngelui. Nu contestăm utilitatea acestei clasificări de altfel foarte uzuale. Credem, însă, că în clasificarea modalităţilor de recepţie, trebuie adoptat drept criteriu fundamental relaţia de la obiect la subiect, deci relaţia reflectorie. Ne interesează, în primul rînd, ce fel de însuşiri ale lumii obiective sînt detectate senzorial. Problema mijloacelor prin care se realizează recepţia nu trebuie să ocupe locul principal în clasificare. Uhtomski a propus ca modalităţile de recepţie să fie împărţite după natura stimulilor receptaţi, respectiv: mecanici, fizici, chimici, fiziologici (proprii). În acest sens, formele de sensibilitate vor fi înseriate, în expunerea noastră, în ordinea de la semnalizarea însuşirilor mecanice, fizice şi chimice ale stimulilor externi la semnalizarea însuşirilor şi stărilor biologice şi fiziologice ale propriului organism.

II

SENSIBILITATEA TACTILĂ

1
Considerații generale

Pielea este sensibilă la atingere, presiune, temperatură și agenți destructivi. Din această cauză ea a fost apreciată cu milenii în urmă, ca un organ de simț fundamental. Aristotel socotea că apariția sensibilității pielii la atingere este un indiciu al trecerii de la viața vegetală la cea animală. Tot el observă că trecerea de la animal la om este însoțită de dezvoltarea capacității de a palpa activ obiectele. Așadar, sensibilitatea cutanată este cea mai veche și primitivă sensibilitate, în forma ei superioară, evoluată, fiind totodată o facultate specific umană.

Aristotel, Democrit, Radișcev, Condillac, Diderot ș.a. considerau sensibilitatea cutanată difuză, nediferențiată ca formă primară de simțire, din care, în cursul evoluției, prin diverse modificări și complicări, derivă toate celelalte simțuri. Anatomia și fiziologia comparată aduc unele argumente în sprijinul acestei teze. La insecte, sensilele îndeplinesc nu numai funcțiuni tactile, dar și olfactive sau auditive (Eltringem — 1934). La pești, recepția cutanată se diferențiază în conformitate cu necesitățile adaptării la mediul acvatic, și astfel se dezvoltă așa-zisele „linii laterale'' sau neuromaste, reprezentînd aglomerări de receptori cutanați dispuși în șiruri liniare de-a lungul corpului. Semnalizarea prin liniile laterale asigură informația despre sensul și forța curenților de apă, realizînd un fel de tact de la distanță.

Trecerea animalelor la condițiile de existență terestră a generat noi forme de adaptare în legătură cu creșterea însemnătății corpurilor solide. În consecință, a căpătat o deosebită semnificație sensibilitatea cutanată. Este de la sine înțeles că, în filogeneză, dispozitivele receptorii situate în piele urmează un drum de continuă perfecționare și diferențiere. Cei mai mulți dintre receptorii cutanați de care dispune omul apar numai la nivelul mamiferelor.

La animale sensibilitatea cutanată rămîne în genere într-o formă pasivă, în sensul că prin ea nu se efectuează o investigare activă a obiectelor. O relativă excepție o constituie maimuțele inferioare și superioare. În procesul manipulării obiectelor (activitate motorie de orientare) la maimuțe, se conturează un început de tactilitate activă (palpație) (Voitonis — 1949). Maimuțele, fără centrul vizual pot, datorită palpației, să aleagă dintr-un sac un anumit fruct și nu altul (Roghinski — 1949). N.A. Dile a inventariat la maimuțe peste o sută de moduri de manipulare a obiectelor. La unele dintre ele (paviani) se constată și un început de asimetrie funcțională a labelor anterioare (una este mai puternică decît cealaltă).

Ipoteza despre sensibilitatea cutanată ca punct de plecare a celorlalte forme de sensibilitate, ca și faptele referitoare la evoluția funcțiilor senzitive ale pielii trebuie să fie considerate în legătură cu cerințele adaptării la mediu. Modificările funcțiilor pielii sînt dependente de condițiile de viață și de rolul îndeplinit în adaptare de sistemul nervos central. Recepția cutanată este doar o componentă periferică a activității unice de semnalizare asigurată, în principal, prin instanțele nervoase centrale și impuse de condițiile de existență.

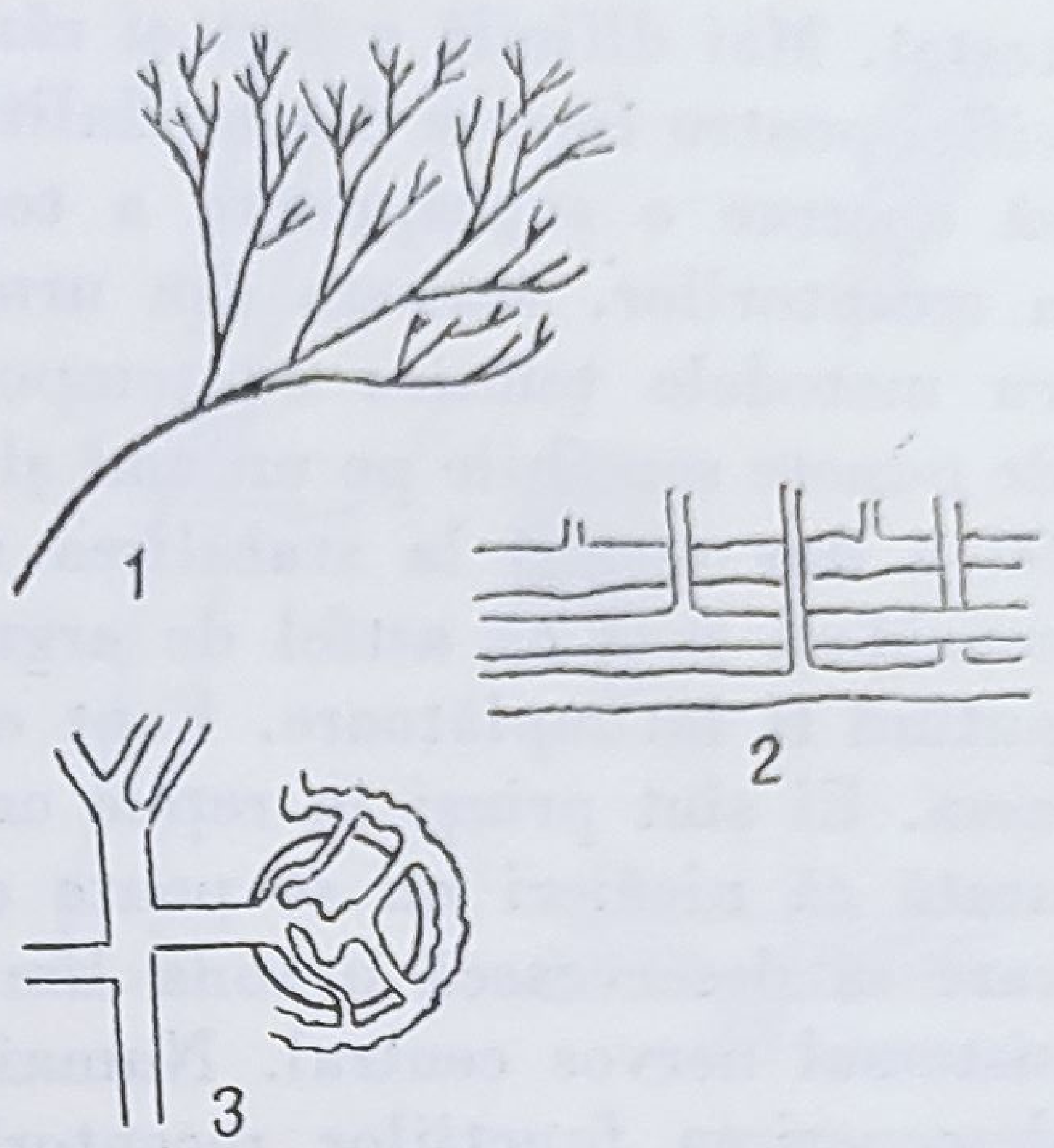
Dacă datele istoriei naturale sînt suficiente pentru a ne explica dezvoltarea sensibilității cutanate la animale, referindu-ne la om, trebuie să luăm în considerație influențele sociale. Engels a arătat că: „Mîna nu este numai organul muncii, ea este totodată și produsul ei". Datorită muncii, mîna ajunge la un înalt nivel de perfecționare senzorială și efectorie. Referindu-se direct la problema tactului, Engels spune: „Și simțul pipăitului, care abia dacă există la maimuță sub forma cea mai rudimentară, s-a dezvoltat odată cu mîna omenească datorită muncii". Prin urmare, cultura sensibilității cutanate este indisolubil legată de cultura mișcării ce se modelează după datele experienței social-istorice. Sensibilitatea de care dispune pielea este potențată, lărgită și ridicată pe o treaptă superioară datorită colaborării cu sensibilitatea mușchilor și a tendoanelor, cu kinestezia.

Astfel se explică excepționala finețe a diferențierilor senzoriale cutanokinestezice la sculptor, medic, strungar etc. D. Katz (1932), unul dintre primii cercetători care s-a ocupat de sensibilitatea cutanată, arăta că muncitorii din industria zahărului reușesc să determine densitatea siropului trecînd o picătură printre degete cu o precizie deosebită (doar 0,5% deviere față de probele de laborator). La fel lucrătorii din industria morăritului determină calitatea făinii. Rezultate asemănătoare se constată în sesizarea variațiilor de temperatură și în stabilirea diverselor nuanțe ale excitației dureroase.

Pentru a încerca să ne explicăm modul cum se realizează sensibilitatea cutanată trebuie să aruncăm o privire asupra construcției pielii și a rolului ei vital. Pielea constituie nu numai o limită, o barieră a organismului menită să-l apere de influențele dăunătoare dar și o parte componentă deosebit de importantă a lui, după Ananiev (1961), cel mai general mecanism de legătură a organismului cu mediul. Pielea participă activ la respirație, la termoreglare și schimb caloric, la păstrarea integrității organismului. Pielea îndeplinește unele funcții secretorii. Prin ea se semnalizează cu multă finețe excitanții mecanici proveniți din mediul extern. Studiul histologic al pielii relevă o structură surprinzător de complexă. Se disting două straturi: epiderma și derma. Epiderma (tegumentul exterior), formată din mai multe straturi de celule, este lipsită de vase sanguine. Celulele epidermei se înmulțesc necontenit, fiind împinse dinlăuntru în afară și treptat eliminate. Pînă la vîrsta de 70 ani din epidermă se desprind circa 18 kg celule uzate. Derma sau corium-ul, pielea propriu-zisă, este formată din țesut conjunctiv străbătut de multiple terminații nervoase și vase capilare, sanguine și limfatice; dispune de celule grase, de glande sudoripare; în piele sînt localizați foliculii porilor. Derma se continuă în mod indistinct cu țesutul subcutanat prin care are o legătură strînsă cu membranele și țesutul muscular. De remarcat elasticitatea țesutului dermo-muscular, calitate ce stă la baza reactivității lui.

În stratul inferior al epidermei, în dermă și țesutul subcutanat s-au descoperit o serie de terminații nervoase care alcătuiesc organe cu o construcție diversă. Aceste terminații, în mod evident adaptate pentru recepție, sînt în mod inegal răspîndite în diverse zone ale pielii. Se cunosc următoarele feluri de receptori cutanați: a) corpusculii lui Merkel, formați din două sau mai multe discuri tactile, între care pătrund terminații nervoase amielinice; sînt situați în epidermă. Un grup însemnat din aceste discuri sînt legate de un singur filament nervos. Sînt răspîndite în zonele acoperite cu păr scurt; b) corpusculii lui Meissner, reprezentînd o succesiune de celule tactile printre care se distribuie filamente senzitive spiralate îmbrăcate într-o capsulă. Corpusculii lui Meissner sînt inervați de 1—4 fibre mielinizate. Sînt situați în dermă îndeosebi în zona palmei, la vîrful degetelor, vîrful limbii, buze și în zona tălpii picioarelor; c) corpusculii lui Paccini, de proporții foarte mari (2—3 mm), sînt situați în dermă și țesutul muscular. Formați din 50—500 straturi concentrice, protejate de o membrană, corpusculii au înăuntru un lichid sub presiune, ceea ce face ca la cea mai neînsemnată atingere să fie excitat arborele nervos multiramificat; d) corpusculii lui Krause, sînt situați în conjunctiva pleoapelor și la margine

FIG. 3. TERMINATII SENZITIVE PERIFERICE ALE ÎNVELIŞULUI CUTANAT ŞI SUBCUTANAT



corneii, înăuntrul cărora este o densă reţea fibrilară; e) cilindrii lui Ruffini, situaţi în stratul adipos subdermic cu arborizaţii scurte încapsulate într-o membrană; f) terminaţiile nervoase libere răspîndite în toate regiunile pielii atît în epidermă cît şi în dermă (fig. 3 şi 4).

În afară de aceşti receptori nervoşi, în piele sînt foarte frecvente anumite aglomerări sau ghemuleţe de capilare arteriale şi venoase. Unii autori sînt înclinaţi să le atribuie un rol în recepţia cutanată.

Începînd încă din secolul XIX, prin minuţioase investigaţii, Weber, Frey, Kiesow ş.a. au constatat că pielea dispune de puncte sensibile diferenţiate pentru atingere, cald, rece, durere. Există, în acelaşi timp, puncte insensibile pentru atingere sau pentru cald, rece, durere. S-a încercat chiar să se stabilească o hartă a răspîndirii diverselor puncte sensibile calculîndu-se numărul lor global şi frecvenţa în diverse regiuni. Orientîndu-se după datele psihofiziologului german M. Frey — de numele căruia se leagă în principal cercetările de acest fel (1894) lucrările de specialitate consemnează: 4 milioane puncte sensibile la durere, 1 milion puncte tangosensibile, 250 mii puncte sensibile la rece şi numai 30 mii la cald. Evident cifrele citate au o valoare relativă. Există diferenţe individuale, după cum se constată însemnate variaţii atît în diverse etape ale ontogenezei cît şi în diverse stări funcţionale. F. Heiser (1932) arată că în unele maladii creşte sau scade numărul punctelor sensibile la atingere, cald, rece. În orice caz, scara ierarhică a răspîndirii punctelor sensibile, sugerată de cifrele de mai sus, rămîne valabilă. În acest sens, faptul a fost confirmat şi de alţi cercetători.

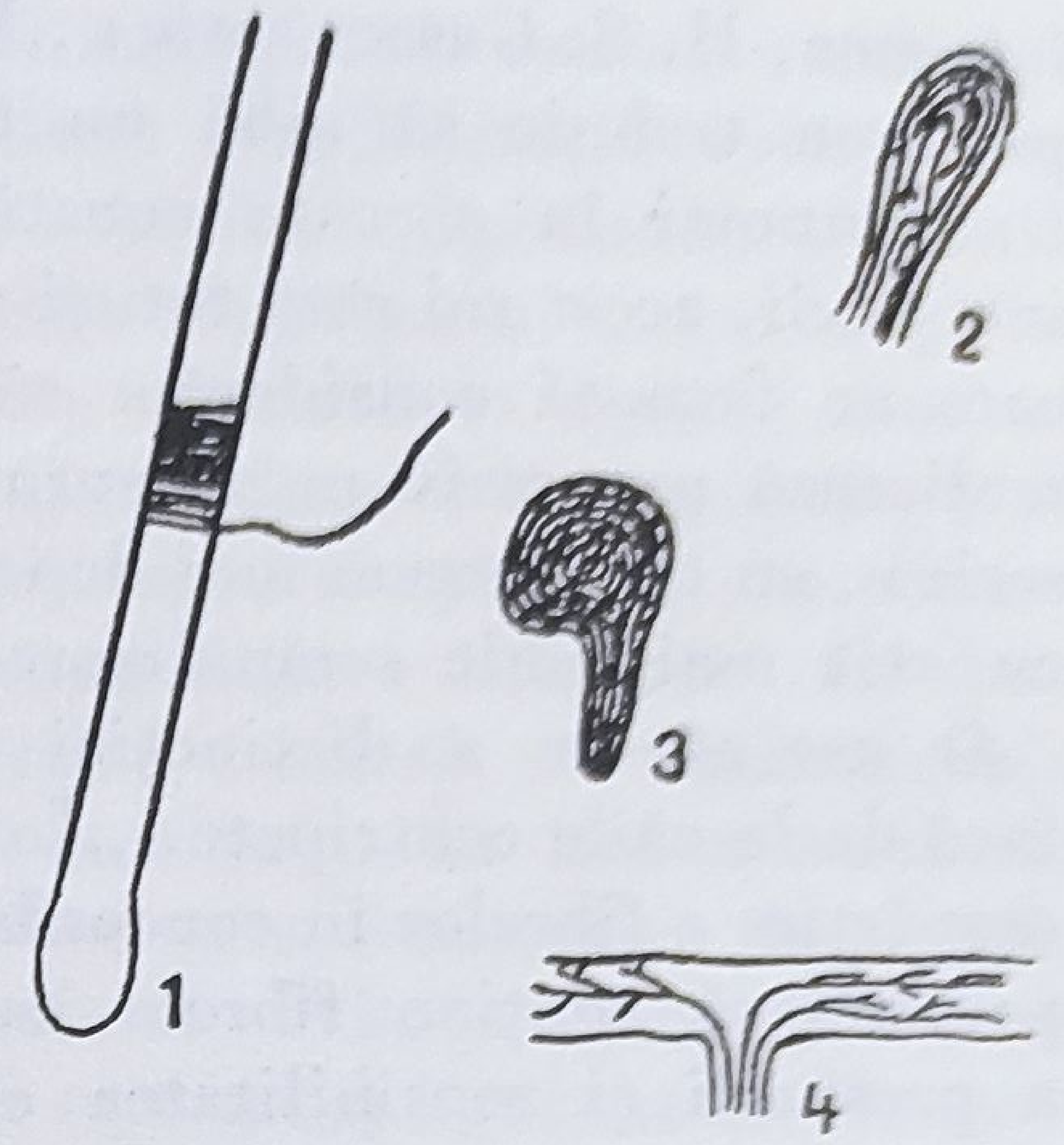
Existenţa mai multor modalităţi de sensibilitate cutanată — după investigaţiile făcute prin metoda punctelor — pare a fi de necon-

testat. Mai dificilă a fost şi rămîne încă identificarea receptorilor specifici pentru fiecare din modalităţile respective. Cercetătorii au încercat să opereze o suprapunere a topografiei punctelor sensibile peste cea a receptorilor. Aceasta din urmă însă este mult mai greu de stabilit cu metodele tehnice contemporane. Simpla comparare a numărului de puncte sensibile pe un cm^2 şi a numărului de receptori de un anumit fel a dus uneori la stabilirea unei corespondenţe. W. Jenkins (1940) consideră însă că astfel de argumente sînt insuficiente, corespondenţa putînd fi întîmplătoare. Fapt este că receptorii nu funcţionează autonom. Ei sînt prinşi în reţele care se întretaie şi se suprapun. Jenkins arată că nicăieri nu se poate constata existenţa unui receptor izolat care să deservească o zonă limitată şi să aibă o legătură proprie cu sistemul nervos central. Numai în acest caz ar fi pe deplin posibilă descoperirea funcţiilor receptorilor prin investigarea punctelor.

Nu rămîne decît să acceptăm o teorie funcţională a recepţiei cutanate, considerînd împreună cu W. Jenkins, că stimulentul acţionează concomitent asupra mai multor şi poate diferiţilor receptori. Astfel procesul excitaţiei periferice pare a fi mai complex neputînd fi explicat prin teoria clasică a punctelor, asupra căreia chiar fondatorul ei, M. Frey, a formulat unele rezerve. Se pare că nu toţi receptorii sînt, în mod absolut, specializaţi. Procesul genetic de diferenţiere a lor s-ar putea să nu fi ajuns, la toţi receptorii cutanaţi, pînă la capăt. Weddel scrie în această privinţă: ,,Printre terminaţiile fine ramificate nu am reuşit să găsim vreo deosebire semnificativă; în grupa terminaţiilor organizate, se pare că există treceri continue şi treptate de la organele terminale mai simple la cele mai complicate, de la cele superficiale, slab încapsulate pînă la corpusculii sensibili de mare complexitate, incluşi într-o capsulă groasă. Dacă nu ar fi dorinţa de a clasifica rigid fiecare terminaţiune descoperită, am fi obligaţi să recunoaştem că nici o clasificare fundamentală nu este posibilă. Un fel de terminaţii pe neobservate trec în altele datorită existenţei a numeroase forme intermediare. Prin urmare, datele noastre histologice confirmă teza de obicei uitată a lui Ruffini, care a menţionat existenţa formelor intermediare şi a susţinut inutilitatea unei clasificări severe'', (după Granit, 1956). În sprijinul acestei păreri se dau o serie de argumente. Astfel pielea urechii externe, deşi bogat inervată este lipsită de terminaţii evoluate de tip Krause, Ruffini, Meissner şi totuşi prin ea se percep stimulii de cald, rece sau presiune.

Mai mulţi autori arată că terminaţiile nervoase libere participă atît în stimularea algică cît şi în cea tactilă. În cornee nu există decît astfel de terminaţii nervoase libere şi după cum se ştie, excitarea corneii

FIG. 4. **APARATELE SENZITIVE PERIFERICE ALE ÎNVELIȘULUI CUTANAT**
1. corpusculul lui Meissner; 2. corpusculul lui Krause; 3. corpusculul lui Paccini; 4. bastonașele lui Ruffini.



dezvoltă fie o senzație tactilă, fie una dureroasă. T. Lewis (1942) a constatat că în piele există două serii de receptori pentru durere. El a înțepat pielea sau a atins-o cu un corp fierbinte și a obținut inițial o durere ascuțită, iar după un oarecare interval o senzație dureroasă mai intensă. Anestezia locală cu cocaină a suprimat cel de-al doilea efect. După cum se știe, cocaina acționează în primul moment asupra filamentelor subțiri și semidivizate. Pe această bază, Lewis afirmă că cele două feluri de durere sînt dependente de două feluri de fibre nervoase: semidivizate, cu mare viteză de conductibilitate și semidivizate, cu o conductibilitate lentă.

Nu este încă clară situația receptorilor pentru cald și rece. Jenkins susține că nu există dovezi directe cu privire la cilindrii lui Ruffini ca receptori ai caldului. Cît privește bulbii lui Krause aceștia, după Strughold și Karle (1925), nu corespund punctelor sensibile la rece și, în același timp, se constată că există puncte sensibile la rece fără ca în acea zonă să existe bulbi Krause (Wedell — 1942). De aici concluzia că bulbii lui Krause sînt numai unii dintre receptorii pentru rece, ceilalți rămînînd necunoscuți. Afirmații mai categorice se fac în privința receptorilor specific tactili și anume: corpusculii lui Meissner, discurile lui Merkel și unele terminații libere. În parte, sensibilitatea tactilă este asigurată și de corpusculii lui Paccini.

O serie de cercetări microelectrofiziologice, orientîndu-se după amplitudinea biocurenților, au demonstrat că există o mare varietate în viteza transmiterii excitației de la receptorii cutanați pe diversele căi nervoase la centru (Erlanger și Gasser — 1937). Vitezele sînt proporționale cu diametrul neurofibrelor (I. Tasaki — 1953). Comentînd acest

fenomen, H. S. Gasser scrie: „Viteza diferită de transmitere a excitației pe axon trebuie să aibă un rol în mecanismul activității nervoase. Dacă numai în aceasta constă rolul diferențelor arătate în procesul integrării, acest rol este totuși deosebit de însemnat”. Este o observație care ne face să considerăm că diferențierea sensibilității cutanate se realizează progresiv pe măsura îndepărtării de periferie. Granit (1956) scrie: „cu cît mergem mai departe de la receptori spre centru, probabil, cu atît mai mult semnalizarea se transformă”.

O accentuare a distincției între analizatorii cutanați se constată încă de la căile centripete. „În măduva spinării se observă o anumită despărțire a fibrelor în concordanță cu funcția îndeplinită de ele, partea posterioară conține fibrele care transmit sensibilitatea subcutanată a presiunii și sensibilitatea cutanată tactilă. În structura tractului spinotalamic intră fibrele sensibilității atingerii și presiunii (în principal în partea ventrală) și fibrele sensibilității dureroase și termice (în principal în părțile laterale)” (Jenkins — 1951). Porțiunea corticală a analizatorului, denumit de Pavlov mecano-cutanat, este de mult timp cunoscută. În zona circumvoluțiunii centrale posterioare se proiectează întreaga suprafață a corpului. Stimularea electrică a diverselor puncte din această zonă produce senzații tactile localizate în diverse puncte ale pielii. Astfel se poate stabili aproximativ locul proiecției fiecărei regiuni a pielii (în partea superioară a circumvoluțiunii centrale posterioare — picioarele, în partea centrală trunchiul și mîinile, în capătul inferior — capul). Totodată se constată că în zona corticală diversele porțiuni ale pielii nu ocupă o suprafață direct proporțională cu întinderea lor. Buzele și palmele, de exemplu, sînt mult mai amplu proiectate comparativ cu trunchiul și picioarele. Reproducînd suprafața corpului după proiecția corticală tactilă obținem în schimb un omuleț cu trunchiul și membrele pipernicite dar cu o mare dezvoltare a extremităților și capului. Evident, la centru se proiectează nu pielea ca atare, ci rețeaua de receptori cutanați care, după cum știm, au o răspîndire inegală. În laboratoarele lui Pavlov analizatorul mecano-cutanat a fost cercetat în mod amănunțit. N. I. Krasnogorski (1908) și G. V. Andreev au obținut reflexe condiționate prin excitarea pielii și au urmărit procesele de iradiere și concentrare a proceselor nervoase prin stimularea electivă a diverselor regiuni. Extirparea circumvoluțiunii parietale ascendente stîngi a provocat dispariția reflexelor cutanate. Acestea s-au restabilit însă diferențiat, după 8 zile la partea stîngă, după 10 treptat și în dreapta, revenind complet abia după 20 zile. Situația se explică prin faptul că partea dreaptă se proiectează, în principal, în emisfera stîngă, iar partea stîngă în emisfera dreaptă.

11—84

Considerînd circumvoluţiunea parietală ascendentă centru cortical al analizatorului, Pavlov a pus restabilirea sensibilităţii cutanate pe seama elementelor difuze. K. M. Bîkov şi A.D. Speranski (1926) au separat cele două emisfere cerebrale prin secţionarea corpului calos. În consecinţă, reflexele mecano-cutanate formate la fiecare din cele două părţi ale pielii (stînga sau dreapta) au rămas autonome dispărînd posibilitatea evidenţiată în alte experimente, a transpoziţiei reflexelor dintr-o parte în cealaltă. Această transpoziţie a reflexelor este datorită corespondenţei funcţionale a centrilor corticali ai analizatorului dispuşi simetric în cele două emisfere cerebrale. În laboratoarele lui Ananiev (1963), Rîkova a format reflexe cutano-mecanice la o mînă a omului obţinînd efecte analoge la cealaltă. Prin investigaţii electrofiziologice, Itelson a confirmat şi faptul că analizatorul mecano-cutanat se caracterizează prin asimetrie funcţională, în sensul că o parte a lui este mai dezvoltată îndeplinind un rol conducător. Desigur, tabloul reflex-condiţionat al activităţii analizatorului se complică mult atunci cînd informaţiile provenite de la fiecare parte a analizatorului (obţinute de o mînă sau alta) sînt relativ diferite, în scoarţă fiind corelate şi contopite într-un tot.

Există date fiziologice furnizate de Bîkov, Rogov, Pşonik care ne demonstrează că la baza sensibilităţii termice şi algice stă activitatea de diferenţiere a creierului. Faptul că în absenţa unui excitant specific de durere sau temperatură, prin condiţionare, se poate obţine un efect senzorial specific, este apreciat ca o dovadă a participării în recepţie a scoarţei cerebrale. Unii autori occidentali (de ex. Gastaut) nu consideră condiţionarea ca un argument peremptoriu în sprijinul tezei despre participarea scoarţei (1956).

În aceeaşi ordine de idei, ar prezenta interes reexaminarea, pe baze contemporane, a renumitului experiment efectuat de fiziologul englez Head, pornind de la faptul cu privire la existenţa a două niveluri ale sensibilităţii cutanate.

Head a procedat la secţionarea nervului centripet superficial al propriului antebraţ*. După relatările lui, iniţial zona respectivă a mîinii s-a desensibilizat total iar apoi, treptat, pe măsura refacerii nervului, la cea mai uşoară atingere cu un vîrf de ac, apăreau senzaţii dureroase generalizate şi foarte puternice. Aceeaşi reacţie se obţine şi dacă pe suprafaţa, parţial detaşată de centru, se aplică un excitant termic. După mărturisirile lui Head, abia după un an jumătate doi au

* Nervul radial şi ramurile cutanate ale nervului musculocutaneu, secţionate în dreptul articulaţiei cotului.

început să apară senzații specific tactile, termice și distinct, dureroase. În baza acestor date, Head a formulat ideea existenței a două feluri de sensibilitate cutanată: 1) una genetic foarte veche, primitivă și nediferențiată numită protopatică, și 2) alta evoluată, cu posibilități de discriminare specifică, — sensibilitatea epicritică. Deși sensibilitatea protopatică apare mai mult în forma durerii oarbe, Head a considerat că există patru forme de sensibilitate protopatică (tactilă, termică — pentru rece și cald —, algică), după cum există patru forme de sensibilitate epicritică. Între cele două feluri de sensibilitate Head a stabilit un raport de antagonism, în sensul că ele se exclud sau se „acoperă" una pe alta. Head contestă valoarea cognitivă a sensibilității, numită de el protopatică. Ulterior, o serie de autori au pus la îndoială constatările lui Head și au contestat teoria lui. Lewis, Trotter și Davis au stabilit că în urma secționării nervului, restabilirea sensibilității tactile, termice și dureroase se produce simultan. K. M. Bîkov (1946) contestă faptul că sensibilitatea epicritică ar exercita o influență inhibitorie asupra celei protopatice. P. K. Anohin (1958) presupune că durerea difuză care apare în timpul restabilirii nervului, se datorește trimiterii excitației „în salvă", concomitent pe toate filamentele nervoase în curs de restabilire; ulterior, excitația fiind condusă diferențiat, pe căi separate. E. N. Sokolov (1958) găsește însă o similitudine între antagonismul dintre cele două sensibilități descrise de Head și corelația, în actul percepției, dintre reflexul de orientare și reflexul defensiv. Acestea de asemenea se îmbină reciproc și se succed. Reflexul defensiv căruia i-ar corespunde sensibilitatea protopatică, totuși se condiționează, se analizează la nivelul scoarței cerebrale. Nu ni se pare fundată părerea lui Stopford cu privire la dependența sensibilității protopatice numai de bulbul vizual, în raport cu sensibilitatea epicritică care în mod cert depinde de scoarța cerebrală. În orice caz, noi credem că problema ridicată de Head, fiind discutabilă în amănuntele ei, totuși, ne obligă să considerăm că semnalizarea prin receptorii cutanați nu se poate realiza în formă distinctă, biologic utilă, fără analiza și sinteza corticală a excitanților. Pentru a avea o reprezentare completă asupra mecanismelor sensibilității cutanate trebuie să ne punem și problema sistemului de autoreglare a analizatorului. L. M. Vekker (1959) arată că fără anumite căi efectorii situate înlăuntrul analizatorului (propriaferentație) nu se poate concepe adaptarea activității analizatorului la excitant și prin urmare nu se poate obține o imagine obiectuală. Încă V. M. Behterev a arătat că în structura tuturor nervilor centripeți există și fibre prin care se produce transmisiunea inversă a excitației, către aparatul receptor. Numeroase date

histologice şi fiziologice confirmă această teză. În cazul analizatorului cutanat, spre deosebire de alţi analizatori, nu se cunosc însă precis căile interne efectorii. Este evident că în cazul palpaţiei un rol important revine efectorilor musculari. E. N. Sokolov a demonstrat prin ample cercetări experimentale că excitarea pielii este urmată de modificări în conductibilitatea bioelectrică (reacţie cutano-galvanică) şi de reacţii vasculare. Fiind componente ale unor reflexe de orientare, defensive sau adaptative, — aceste modificări prezintă unele particularităţi în dependenţă de caracterul excitantului (tactil, termic sau dureros). Indiscutabil, la periferie se produc şi unele modificări hormonale. Unele din ele sînt provocate direct de excitant şi mediază recepţia. Altele însă sînt, probabil, diriguite, reglate de la centru.

După cum se ştie din practica medicală, sensibilitatea cutanată poate fi suspendată pe trei căi: 1) anestezie locală (de exemplu, injecţii cu novocaină în ţesutul subcutanat), 2) rahianestezie, ce duce la desensibilizarea părţii inferioare a corpului, şi 3) prin narcoză centrală, scoarţa cerebrală fiind cuprinsă de inhibiţie, iar desensibilizarea devenind generală sau aproape generală. Este interesant faptul că atît în faza instalării anesteziei cît şi în cea a înlăturării ei, între modalităţile de sensibilitate cutanată se observă disocieri. Astfel în cazul anesteziei locale sensibilitatea termică dispare prima şi se restabileşte ultima. Blocarea măduvei spinării duce uneori la suprimarea sensibilităţii de durere în condiţiile păstrării sensibilităţii tactile. Întotdeauna anestezia sau hipostezia cuprinde şi eliberează succesiv modalităţile sensibilităţii cutanate. Acelaşi fenomen se poate observa şi în cazuri patologice. În siringomelie întîi este afectată sensibilitatea de durere, apoi cea termică şi la sfîrşit, sensibilitatea tactilă. În isterie, uneori se constată suspendarea sensibilităţii tactile, sensibilitatea termică şi algică păstrîndu-se. Maladiile care afectează bulbul vizual au ca simptom frigul paradoxal. Subiectul simte frig la căldură şi invers — căldură la frig, în timp ce tactul şi durerea funcţionează normal. În sfîrşit, se cunosc o serie de cazuri de analgezii înnăscute sau dobîndite. Stranski descrie totala insensibilitate algică, la unii imbecili. Unele boli mintale de asemenea se însoţesc de analgezie sau hipoalgezie. Aceste cazuri se explică desigur prin atrofierea scoarţei sau tulburarea funcţiilor ei. L. A. Orbeli (1948) a citat însă cazul unui medic elveţian foarte priceput în profesiunea sa şi care utiliza cu succes palpaţia, dar era insensibil la durere. După moartea acestei persoane, la autopsie, s-a constatat că la ea măduva spinării nu dispunea de căile centripete specifice pentru durere. Adăugăm şi cazul unui bolnav, descoperit în 1955 la Buenos-Aires, de asemenea suferind de analgezie, dar care era datorită absenţei

terminațiilor nervoase libere în țesutul cutanat (fapt probat prin cercetare histologică).

Sensibilitatea cutanată presupune, prin urmare, existența a patru modalități senzoriale. Așa cum arată Granit, între aceste modalități există momente comune, cîmpurile lor receptorii de regulă se întretaie și se suprapun. Totuși distincția dintre modalități este evidentă de unde necesitatea analizei fiecăreia dintre ele.

2
Senzațiile tactile și complexul senzorial tactilo-kinestezic

Tactul reprezintă forma tipică a recepției de contact. Apariția senzațiilor tactile este condiționată de atingerea dintre obiect și o zonă a pielii. Dacă atingerea este însă mult prea ușoară, prea rapidă sau prea înceată, senzația poate să nu ia naștere. Pentru apariția senzației este necesar ca să se producă o anumită diformare a pielii. Încă Frey și Goldscheider (1894) considerau contactul tactil ca o apăsare, ca o presiune, fie și minimală, pe care o suportă pielea. Accentuarea presiunii duce la excitarea receptorilor corespunzători ai țesutului muscular. În anumite limite, sensibilitatea tactilă depinde de profunzimea deformației, dar nu și de mărimea suprafeței în contact cu obiectul (Bagh — 1935). Valoarea cognitivă a sensibilității tactile nu depinde însă univoc de creșterea presiunii și stabilizarea ei. Cînd presiunea se exercită în mod izolat și constant se activează sensibilitatea de greutate, fenomen pe care nu ne propunem să-l discutăm aici. Creșterea nemăsurată a presiunii poate duce la durere, ceea ce echivalează cu pragul maximal al sensibilității tactile, adică cu suspendarea acesteia. Introducînd un deget într-un vas cu mercur atingerea se simte numai în locul la care se întrerupe contactul (la limita dintre porțiunea cufundată în mercur și cea liberă). Prin urmare, în recepția tactilă, principalul îl constituie deosebirile între presiunile exercitate asupra diferitelor puncte ale pielii sau asupra aceluiași punct într-un șir de momente succesive. Se pare că reperele sensibilității tactile corespund liniilor care marchează maximumul distorsiunii pielii și de asemenea limitelor conturului acestei distorsiuni. Trebuie avut în vedere, însă, nu

atît efectul final al acțiunii excitantului asupra pielii — starea de deformație — cît însuşi procesul deformării. Senzațiile tactile sînt generate de acest proces; în momentul în care excitantul se echilibrează cu receptorii, contactul fiind staționar, senzațiile tactile se estompează sau chiar dispar. Acest fapt a fost interpretat în fiziologia clasică a organelor de simț ca adaptare negativă a simțului tactil. J. P. Nafe și K. S. Wagoner (1941) au demonstrat însă că în condițiile presiunii staționare nu se pune problema unei adaptări în sensul propriu al cuvîntului (reducerea sau suspendarea sensibilității). Ei au înregistrat la kimograf apăsarea pe care un obiect o exercită asupra pielii și au constatat că la un moment dat deplasarea obiectului prin diformarea pielii încetează. În acest moment se reduce brusc și sensibilitatea tactilă. Prin urmare, hotărîtoare pentru dinamica sensibilității tactile este relația fizică dintre obiect și receptor. Mișcarea generează sensibilitate, întreruperea mișcării duce la întreruperea sensibilității. În aceeași ordine de idei prezintă interes și unele constatări ale lui Adrian (1932). Acesta a înregistrat biocurenții de la un nerv centripet corespunzător receptorilor tactili dintr-o anumită regiune a pielii. Punîndu-se o mică greutate pe locul respectiv al pielii, timp de cîteva secunde, spre centru sînt trimise salve de impulsuri nervoase. Apoi impulsurile încep să slăbească și încetează deși excitantul continuă să staționeze pe piele. L. M. Vekker găsește o similitudine între acest fenomen fiziologic și efectul piezzoelectric studiat de fizică (deformația mecanică a anumitor corpuri generează curent electric; fenomenul încetează o dată cu întreruperea diformației). După Vekker, specificul recepției tactile constă tocmai în declanșarea activității reflexe (raport bilateral periferie-centru) în condițiile contactului dinamic receptor-obiect și în întreruperea ei în condițiile contactului staționar. Aceasta explică creșterea importantă a volumului și valorii informațiilor obținute pe cale tactilă prin mișcarea și frecarea obiectului. Un obiect care staționează pe piele și aproape că nu mai este sesizat, la cea mai mică așezare sau apăsare a lui produce din nou senzații tactile intense și diferențiate. Modificările în presarea pielii atrag după sine modificări ale stărilor de deformare care se însoțesc de continue oscilări ale echilibrului electric și prin urmare de o neîntreruptă transformare a energiei externe a stimulului mecanic în proces electrofiziologic de excitație nervoasă.

Secenov a relevat marea importanță a conlucrării dintre tact și kinestezie. El consideră complexul senzorial tactilo-kinestezic „paralel cu vederea", reflectînd aceleași însușiri spațiale ca întinderea, mărimea, forma, direcția etc. După cum se știe, orbii reușesc pe calea contac-

tului tactil să obțină astfel de informații despre proprietățile spațiale ale corpurilor, compensînd astfel lipsa vederii. Se pune însă problema dacă tactul nu are și un specific al său, dacă nu reflectă însușiri care sînt inaccesibile altor organe de simț. În cazul în care tactul dublează numai în mod parțial și limitat vederea, poate să fie pusă la îndoială teza clasică despre tact ca ,,învățător al celorlalte organe de simț''.

L. M. Vekker consideră că specificul complexului tactilo-kinestezic constă în reflectarea acelor însușiri integrale ale obiectelor care exprimă natura lor constituțională, starea lor fizică internă. Astfel de însușiri sînt cele referitoare la factura suprafeței obiectelor (lucios, sgrunțuros, mătăsos, poros) și cele referitoare la caracteristica masei lui (tare, moale, elastic, compact). Aceste însușiri nu se sesizează direct de la distanță, necesitînd contactul tactil. Nici un alt simț nu le poate reflecta în intimitatea lor. Reflectarea tactilo-kinestezică a celorlalte însușiri care sînt accesibile și vederii este mediată prin reflectarea acestor însușiri intime ale obiectelor și pentru care este specializat tactul.

Din faptul că însușirile respective nu pot fi detectate decît în procesul interacțiunii organului receptor cu obiectul decurg unele particularități ale recepției tactile: 1) însușirile mecano-fizice ale obiectului sînt reflectate ca fiind exterioare nouă, fiind localizate (proiectate) în regiunea contactului cu pielea; 2) în senzațiile tactile sînt reflectate nu numai însușirile obiectului dar și cele ale organului receptor (de regulă, mîna) — contactul fiind bilateral este simțită și respectiva zonă a pielii; 3) în senzațiile tactile se reflectă procesul atingerii sau frecării în toată desfășurarea lui; 4) componentele spațiale și cele temporare ale interacțiunii cu obiectul se contopesc într-un proces unic, care presupune trecerile reciproce ale dimensiunilor temporare și spațiale (în această privință se citează rezultatele lui E. Skramlik, confirmate de Vekker și Lomov, care au demonstrat că, în absența controlului vizual, cu cît o riglă este trecută mai încet pe vîrful unui deget cu atît ea se percepe mai lungă și, invers, cu cît este trecută mai repede cu atît este percepută mai scurtă); 5) corelarea componentelor spațiale și temporare în actul tactilo-kinestezic, necontrolat vizual, duce la efectul stereoscopic (stereognozic). După părerea noastră aceste particularități sînt proprii oricărui proces de recepție senzorială. În cazul tactilității, însă, în mod deosebit iese în evidență actul material al interacțiunii dintre organul de simț și obiect și rolul lui în conturarea imaginii. Nu întîmplător electrofiziologul modern Granit (1956) în consonanță cu gînditorii antici declară că sensibilitatea cutanată ,,poate fi privită ca un prototip al tuturor organelor de simț''.

3
Formele tactului

Din cele menţionate mai sus, rezultă că sensibilitatea tactilă dispune de diverse niveluri sau forme de organizare. Este o mare deosebire între contactul tactil static care ne furnizează unele informaţii vagi despre prezenţa obiectului şi contactul tactilo-kinestezic activ prin care se efectuează perceperea clară a însuşirilor bi şi tridimensionale ale obiectului. De aceea, de mai mult timp, s-a adoptat împărţirea în: 1) tact pasiv şi 2) tact activ.

Tactul pasiv caracterizează posibilităţile de recepţie senzorială a pielii în condiţiile imobilităţii ei. Cercetările mai vechi asupra pragurilor tactile absolute şi diferenţiale au în vedere forma pasivă a tactului. Pragul minim al sensibilităţii tactile a fost măsurat de Frey cu ajutorul esteziometrului cu fir calibrat după diverse diametre prin care se exercită o presiune exprimată în grame asupra diferitelor puncte ale pielii.

În baza datelor lui Frey şi a cercetărilor ulterioare, s-au stabilit următoarele praguri exprimate în grame-milimetri: vîrful limbii — 2; capetele degetelor — 3; partea posterioară a degetelor — 5; partea dinlăuntru a antebraţului — 8; dosul palmei — 12; gamba piciorului — 15; suprafaţa abdomenului — 26; partea din afară a antebraţului — 35; mijlocul spatelui — 48; partea tare a tălpii — 250. Prezintă interes faptul că pragurile maximale care sînt marcate prin trecerea senzaţiilor tactile în senzaţii dureroase sînt, se pare, în raport invers cu pragul minimal. Cu alte cuvinte, cu cît este mai coborît pragul minimal, cu atît este mai ridicat pragul maxim însoţit de durere. Astfel la vîrfurile degetelor unde pragul minim este de 3 gr/mm durerea apare numai la o presiune de 300 gr/mm.

O influenţă importantă asupra sensibilităţii tactile o exercită temperatura. Încălzirea pielii provoacă creşterea sensibilităţii tactile iar răcirea, scăderea ei.

Pragurile diferenţiale spaţiale ale tactului au fost studiate iniţial de Weber, apoi de Frey şi de alţii. În acest scop, se foloseşte esteziometrul-compas, urmărindu-se cea mai mică deschidere a compasului aplicată pe piele la care subiectul simte distinct două puncte. Cel mai fin prag diferenţial este pe vîrful limbii — 1 mm, apoi la capătul degetelor 2 mm, pe buze 4,5 mm. Pe palmă şi pe dosul degetelor pragul este de 6—7 mm. Pe frunte, dosul palmei, gît, genunchi se înregis-

trează praguri mai mari, variind de la 22 la 36 mm. Cele mai grosolane diferențieri se constată pe pulpe — 40 mm, piept — 45 mm, ceafă — 54 mm, spate și umăr — 67,7 mm. Ananiev consideră că aceste măsurători nu caracterizează în întregime sensibilitatea diferențială tactilă. În condițiile tactului activ posibilitățile de diferențiere spațială cresc mult. Vîrfurile degetelor, în palpație, disting nu doar 1 mm, ci sutimi și chiar miimi de milimetru. Frey arătase că dacă aplicăm cele două vîrfuri ale compasului pe piele nu simultan, ci succesiv pragul se micșorează simțitor. Cauza este introducerea unei variabile temporare.

Semnalizarea tactilă are o viteză foarte mare. Perioada de latență a senzațiilor tactile este mai mică decît a celor vizuale și se apropie de cea a senzațiilor auditive. Aceasta face ca sensibilitatea diferențială temporară a tactului să fie excepțional de fină. Cu ajutorul unui aparat cuprinzînd o roată dințată se constată că analizatorul tactil poate sesiza în timp de o secundă de la 300 la 900 atingeri distincte. Cea mai mare frecvență a senzațiilor tactile, pe secundă, se înregistrează la vîrfurile degetelor. Această mare capacitate de recepție a informațiilor explică performanțele ce se obțin în percepția tactilă a formelor. Sub influența luminii, sensibilitatea tactilă temporară crește (Vvedenski, Godnev, Dobriakova). Thomson a stabilit că în unele condiții, sensibilitatea tactilă crește și sub influența excitațiilor dureroase.

Studiind tactul pasiv, o serie de cercetători (Katz — 1925); Revész — 1934 și 1938, Shifman — 1940, Vekker — 1953) au ajuns la concluzia că o figură geometrică, fie și simplă, așezată pe palma imobilă a subiectului nu poate fi percepută integral din punctul de vedere al formei. Subiectul sesizează prezența obiectului și în desen sau relatare verbală semnalează unele însușiri separate, dar nu poate reda exact conturul unui patrat, trapez etc. reducîndu-le la o oarecare figură ovală, rotundă etc. Shifman arătase că în condiții statice, informațiile primite pe cale tactilă, rămîn disparate, ele nefiind sintetizate. S-ar putea spune că se ivesc dificultăți în trecerea de la o sumă de senzații la o percepție bine organizată. Elementul care lipsește este mișcarea mîinii pe contururile obiectului. Există însă și o soluție intermediară pusă în evidență de Vekker și Lomov (1954). Aceștia, pornind de la ideea că pentru perceperea formei obiectului este necesară prezentarea succesivă a laturilor lui, au încercat să determine formarea unei imagini integrale, prin mișcarea obiectului în raport cu organul receptor (vîrfurile degetelor). Pe această cale, subiectul obținea informații mai precise asupra obiectului dar de regulă nu reușea să redea în desen, în mod adecvat, conturul figurii, ci se rezuma la o linie frîntă ca și cum conturul respectiv ar fi fost deschis. Atunci cînd subiectului i se

indicau anumite puncte de reper, spunîndu-i-se, de exemplu, că primul și ultimul din punctele aplicate, coincid ceea ce sugera un contur închis, se obținea o imagine integrală aproximativ adecvată. Vekker este înclinat să acorde acestor experimente o însemnătate principială întrucît ele evidențiază rolul ce revine mișcării obiectului în procesul percepției.

O altă dovadă a posibilităților tactului aflat în situație similară, o constituie dermolexia. Kolodnaia (1954) a stabilit că dermolexia și, în genere, diferențierea tactilă a direcțiilor se realizează numai pe seama analizatorului cutanat, fără participarea kinesteziei. Unii bolnavi la care analiza și sinteza kinestezică erau serios afectate, au putut să perceapă literele desenate pe piele. Kolodnaia a utilizat activitatea analizatorului cutanat pentru restabilirea kinesteziei. În mod normal, între recepția cutanată și cea kinestezică există o strînsă legătură prin faptul că mușchiul este excitat prin stimuli adresați zonei corespunzătoare a pielii. Dacă se excită o zonă învecinată a pielii, mușchiul este inhibat (Granit).

În tactul activ, senzațiile tactile, apărute în urma contactului cu obiectul, declanșează reflexele motorii care, după cum arată Uhtomski, fac posibilă apropierea și investigarea amănunțită a stimulului. Încă Secenov a afirmat că în palpație componenta motorie îndeplinește funcțiuni senzoriale colaborînd la conturarea imaginii tactile. În această ordine de idei, Secenov vorbește despre ,,tentaculi tactili''. Tactul activ a fost considerat de unii autori ca un simț aparte, numit simțul ,,haptic''. Revész a reprodus pe cale haptică toate iluziile optico-geometrice și a constatat aceleași efecte ca și în cazul prezentării lor vizuale. Tot Revész (1934) a studiat în mod amănunțit rolul simțului haptic în activitatea plastică a orbilor. Dinamica actului haptic este extrem de complexă. Este neîntemeiată părerea că tactul ar fi o formă de sensibilitate elementară și simplă. Ananiev susține că sensibilitatea tactilă nu este mai puțin complexă decît cea vizuală și auditivă.

V. F. Lomov (1954), procedînd la analiza peliculei obținute prin filmarea rapidă a unei traiectorii a actului pipăirii, care a durat o jumătate de minut, a scos la iveală 5600 de puncte sau momente diferite ale procesului recepției și anume: 1) puncte de deplasarea mîinii pe suprafața obiectului; 2) puncte de repaus pe suprafața obiectului; 3) puncte reprezentînd mișcarea degetelor în afara obiectului; 4) puncte semnificînd repausul degetelor în afara suprafeței obiectului. Această multiplicitate de faze succedate la microintervale ne amintește de mișcările ochiului. Datele lui Lomov sînt comparabile cu datele pe care le-a obținut Iarbus înregistrînd momentele de deplasări și de fixare ale ochiului.

V. Zincenko şi Lomov (1959) au şi încercat o astfel de comparaţie şi au ajuns la concluzia că între mişcările ochiului şi ale mîinii există o mare apropiere. Chiar forma şi rolul îndeplinit de mişcări în contextul activităţii celor doi analizatori sînt comune. Se disting mişcări: *de căutare şi montaj* şi *mişcări de urmărire*. Obiectul este ,,căutat'' prin mişcări repezi şi care episodic alunecă pe suprafaţa obiectului pentru ca apoi să fie ,,montat'' în mîini prin mişcări ample care traversează principalele linii ale obiectului, iar prin mişcări fine, detaliate se fixează punctele de sprijin şi reper. Mişcările de urmărire îndeplinesc un rol esenţial cognitiv investigînd sistematic şi în baza unei coordonări închegate proprietăţile spaţiale ale obiectului.

Autorii disting la acest al doilea tip de mişcări trei funcţiuni: a) de construire; b) de măsurare şi c) de control şi corectare. În procesul palpaţiei, mişcările se înlănţuiesc astfel încît reproduc aproximativ conturul obiectului, trimiţînd la centru succesiv semnale ce duc la ,,construirea'' imaginii lui. Caracterul mişcărilor ,,constructive'' este determinat de proprietăţile spaţiale ale obiectului. Totuşi, ansamblul mişcărilor efectuate nu este cu totul izomorf obiectului. Se constată unele particularităţi ale însuşi actului senso-motor al palpaţiei. Aici, în afara urmăririi suprafeţei şi conturului obiectului, îşi fac loc numeroase detaşări de obiect, devieri de la contur, pauze, salturi de la un punct la altul dispus în partea opusă, mişcări repetate şi inverse etc. Dacă degetele urmează riguros şi consecvent contururile obiectului, percepţia tactilă este îngreunată. Rezultă că palpaţia îşi are legile ei proprii şi numai în baza lor ajunge la efecte receptive optime. Secenov a remarcat că mişcările tactile se desfăşoară în conformitate cu procedeele de construire care se utilizează în geometrie.

Măsurarea atît în percepţia tactilă cît şi cea vizuală este, în principal, datorită organizării senzaţiilor kinestezice. Printr-o sumedenie de mişcări parţiale, discrete şi inegale, obiectul este ,,fărămiţat'' în unităţi, parcurs ,,pas cu pas'' şi astfel, din sinteza semnalelor parţiale, se obţine corelativ şi global, dimensionalitatea obiectului. Menţionăm că principalul în funcţia de măsurare este relaţia reciprocă dintre proprietăţile temporare şi cele spaţiale al mişcărilor.

Funcţia de control şi cercetare revine în primul rînd mişcărilor repetate şi inverse prin care se investighează din nou porţiuni ale obiectului deja parcurse. În actul tactil, controlul şi corectarea reciprocă a semnalelor se efectuează permanent datorită interacţiunii mişcărilor degetelor care se succed unul pe altul în urmărirea aceloraşi puncte. Există, prin urmare, un sistem de dublare şi triplare a semnalizării, confruntarea semnalelor facilitînd închegarea unei imagini adecvate.

Mişcările ce realizează palpaţia fac ca să se întreţină permanent un nivel înalt de sensibilitate. Între periferie şi centru se instalează un circuit continuu de impulsuri şi analizatorul este menţinut activ.

B. G. Ananiev şi L. M. Vekker (1959), în baza unui bogat material experimental, au demonstrat că procesul tactil, în pofida aparenţelor, nu dispune de nici un fel de elemente întîmplătoare neorganizate, ci se încadrează într-un sistem definit de coordonare a mişcărilor şi repartizare a funcţiunilor. Este bine cunoscută diferenţierea funcţiilor celor două mîini la om.

Această diferenţiere se explică prin condiţiile de bază ale actului de muncă care necesită ca o mînă să fixeze obiectul iar cealaltă să poarte unealta, intervenind în transformarea lui. S. A. Semenov (1957), supunînd unui examen microscopic lucrurile produse de omul primitiv în urmă cu sute de mii de ani, a constatat, după direcţia tăieturilor în piatră sau lemn, că intervenţia era datorită mîinii drepte şi aceasta în proporţie de 90%. Asimetria funcţională a mîinilor constituie prin urmare o cerinţă inevitabilă a activităţii umane. După părerea lui Ananiev, condiţiile producţiei mecanizate şi automatizarea nu numai că nu atenuează dar adîncesc şi mai mult diferenţierea funcţională a mîinilor. Această diferenţiere nu este însă înnăscută ci se dobîndeşte în cursul vieţii.

Prayer, Bühler, Gesell ş.a. au observat că în primele luni de viaţă copilul nu foloseşte în mod precumpănitor una din mîini. Semiakin a dovedit că asimetria funcţională a mîinilor apare odată cu manipularea şi folosirea uneltei. Cercetări speciale conduse de Ananiev au arătat că predominarea unei mîini este legată de condiţiile activităţii şi poate fi impusă experimental (Golubeva), că există chiar o perioadă în care în mod necesar rolul de efector dominant trece de la o mînă la alta (Buşurova), că distincţia funcţională a mîinilor este legată de exersarea în acţiunile cu obiectele şi de specializarea funcţiilor tactile şi a celor kinestezice în cadrul acestor acţiuni (Abramovici şi Lehtman).

Distincţia funcţională între cele două mîini presupune o dezvoltare mai mare a sensibilităţii cutano-tactile la mîna care fixează obiectul, de obicei stînga, şi a sensibilităţii kinestezice la mîna care operează intervenţia şi care, de regulă, este dreapta.

În laboratoarele lui Ananiev această presupunere a fost multilateral confirmată. În cercetarea lui Pozdnova se cere subiectului legat la ochi să indice singur cu o mînă şi apoi cu cealaltă un punct de pe masă, la care experimentatorul îi dusese anterior mînă respectivă. Se dovedeşte că majoritatea subiecţilor se orientează mai bine cu mîna dreaptă;

numai stîngacii au obținut rezultate mai bune în orientarea cu mîna stîngă.

Lomov și Itelson au comparat timpul necesar pentru pipăirea zisă central vizuală a unor obiecte cu o mînă și după cîteva luni, cu cealaltă. Verificarea reflectării tactile a obiectelor s-a făcut prin desen. Lomov a urmărit, de asemenea, precizia reflectării tactile a suprafeței unor discuri metalice prin palpare cu stînga și cu dreapta. Rezultatele au dovedit că majoritatea subiecților de astădată reușesc să perceapă tactil obiectele mai repede și mai precis cu mîna stîngă. Date analoge au obținut D. A. Stavrova, investigînd sensibilitatea vibratorie la mînă. Asimetria funcțională se observă și în ce privește sensibilitatea termică dar sensul asimetriei nu coincide în toate cazurile cu cel constatat la tact, (Ananiev, 1961).

Ceea ce rezultă ca un fapt stabil din studiile arătate este relația de contrast dintre sensibilitatea tactilă și cea kinestezică.

Se înțelege că specializarea mîinilor în fiecare din cele două feluri de sensibilitate nu este exclusivă. În actul investigării tactilo-kinestezice participă ambele mîini, însă în mod inegal: stînga fixează obiectul și îi determină punctele de reper ale procesului palpării, dreapta însă parcurge obiectul în toate direcțiile, cuprinzîndu-l multilateral, în timp ce stînga intervine numai cu unele mișcări ajutătoare. Cercetările electroencefalografice ale lui Itelson au arătat că chiar în cazul tactului monomanual depresiunea undelor alfa se produce în ambele emisfere cerebrale. Atunci cînd se trece la tactul bimanual, îndeplinindu-se diverse sarcini experimentale, în mod inevitabil, în una din emisferele cerebrale, potențialul bioelectric este mai mare.

Prin urmare, modalitatea proprie acțiunii cutano-motorii s-a imprimat asupra mecanismului nervos și de aceea, invariabil, proiecția cerebrală a contactului periferic este dublă, simetrică iar în excitare și reglaj este funcțional-asimetrică. Această asimetrie funcțională relevă, face proeminente deosebirile ce există, cu necesitate, în acțiunea fizică. Specializarea componentelor analizatorului tactilo-kinestezic merge însă și dincolo de cele două mîini și, corespunzător, de cele două emisfere cerebrale. Fiecărui deget îi revin anumite funcții. Degetul mare îndeplinește rolul de fixator al obiectului, el constituie punctul de pornire în explorarea tactilă. Mișcarea explorativă se transmite apoi la celelalte degete. Arătătorul și mijlociul parcurg succesiv, întîi global apoi detaliat, conturul obiectului. Arătătorul se opune degetului mare și participă la cuprinderea obiectului, dar este cel mai activ în recepție. Mijlociul oarecum anticipă traseul arătătorului îndeplinind un rol orientativ față de acesta. Cît privește inelarul și degetul mic, aceștia

participă numai episodic la contactul direct şi îndeplinesc în principal funcţii de echilibrare a sistemului mobil digital. Degetele mare, arătător şi mijlociu alcătuiesc un fel de compas avînd rolul principal în măsurarea obiectului. Punctul de fixare asigurat de degetul mare se mută continuu pe conturul obiectului insistînd mai mult în locurile critice, la colţuri, acolo unde se schimbă brusc direcţia. Cercetarea şi controlul informaţional se realizează prin micromişcări repetate, prin reveniri şi oscilaţii între mişcarea cu scop analitic şi cea integrativă, sintetică. Pe această cale, sînt înlăturate lacunele şi defectele tactului pasiv. Fără mişcare este de neconceput surprinderea formei, a structurii. În percepţia tactilo-kinestezică aceasta apare însă în final, ca un produs integrativ. Ceea ce rămîne, în bună măsură nelămurit este mecanismul prin care se asigură mişcări explorative aşa de complexe şi rapide. Neîndoielnic, aici trebuie să se ţină seama de faptul că receptorul îndeplineşte şi funcţia de proprioefector. Conversiunea informaţiei reproductive în informaţie de comandă şi continua aferentaţie inversă de la ,,tentaculele'' receptor-efectorii la centru ş.a.m.d. sînt cîteva trăsături ale reacţiei circulare ce se desfăşoară fazic şi transpune principalele coordonate ale itinerarului cutano-motor în imagine.

III

SENSIBILITATEA TERMICĂ

Sensibilitatea termică este strîns legată și chiar corelată, atît din punctul de vedere al actelor de recepție, cît și funcțional, cu tactul și durerea. În primul rînd, este de menționat faptul că similar cazului celorlalte două modalități, explorările clasice prin metoda punctelor au pus în evidență punctele sensibile sau insensibile la excitanții termici. Apoi s-a constatat că punctele sensibile nu sînt de același fel, ci se divid în două categorii : unele răspunzînd la rece, iar celelalte la cald. S-a presupus și pînă astăzi se menține acest punct de vedere că, de fapt, există două submodalități ale simțului temperaturii, pentru rece și pentru cald. Inițial, sensibilitatea termică a fost considerată pur periferică. Ulterior, o dată cu analiza proprietăților receptoare ale viscerelor, s-a văzut că și acestea sînt excitabile la stimulenți termici. Nu s-a emis însă părerea, ca în cazul durerii, că ar exista o sensibilitate superficială și una profundă. Aceasta întrucît analizorul termic ocupă o poziție aparte, fiind considerat ca un element de bază al termo-reglării. Ori, în termo-reglare, baza informațională este relația dintre temperatura viscerelor și cea a sîngelui, pe de o parte, și temperatura medie a suprafeței cutanate, pe de altă parte. Senzațiile de rece sau cald sînt expresia acestui raport. Variațiile intervin îndeosebi periferic, pentru că pielea este aceea care degajă energia calorică de prisos sau absoarbe energie calorică din ambianță. Receptorii din dermă sînt cei de la care pornește semnalul despre raportul termic dintre ambianță și organism. De fapt, acest raport se reflectă în senzațiile termice iar nu în mărimile calorice luate în accepțiunea lor fizică.

Semnalele termice implică semnificații vădit biologice. Senzația de rece indică un deficit caloric, perturbarea balanței între mediu și organism, în dezavantajul organismului. Senzația de cald, dimpotrivă, indică scoaterea supranormativă de calorii în organism și dificultatea eliberării lor în afară, din cauza saturației calorice a ambianței. Cînd în urma unor arderi excesive în organism degajarea surplusului de căldură nu mai poate fi efectuată operativ de către piele, se declară

febra. Agresiunea calorică a unui factor de mediu care pune în primejdie integritatea țesutului organic este semnalizată prin senzația de fierbinte. Senzația termică poate fi caracterizată ca reprezentînd latura subiectivă a mecanismelor biofiziologice prin care se asigură homeotermia. Senzația de rece declanșează o intensificare a termogenezei în organism, deci o producere de căldură; senzația de cald duce la depresiunea proceselor furnizoare de căldură și la accelerarea termolizei cutanate a surplusului caloric. Tocmai de aceea zeroul ce desparte valorile negative și valorile pozitive nu este definit fizic sau tehnic, ci fiziologic. Zeroul fiziologic este echivalent cu temperatura suprafeței pielei (de la 20° la 36°C). Rece apare ceea ce este sub zeroul fiziologic, cald ceea ce este mult deasupra, fierbintele se declară la o stimulație de 40—47°C.

Temperatura pielii nu este uniformă. În mod normal, obrajii au o temperatură ce nu depășește 20°—25°, pe tălpi se menține la 20°—27°, la suprafața abdominală este de 34°, iar pe frunte atinge 35° (Ananiev — 1961). Ceva mai mare este însă temperatura organelor și umorilor interne. Astfel, sîngele în circulație are 37,5°C, iar ficatul 38°—38,5°C. Inegalitățile de temperatură a suprafețelor cutanate se explică atît prin dispoziții morfofiziologice, cît și prin adaptări funcționale determinate de condițiile de existență și de activitate a omului. Este necesar să se țină seama de faptul că în asigurarea regimului izotermic omul intervine cu mijloace artificiale, cum sînt îmbrăcămintea și de încălzire a spațiului locuinței. Toate aceste compensații la care trebuie să se adauge și regimul alimentar variabil, au făcut să crească sensibilitatea termică a omului și să se specializeze după zone. În procesul general de autoreglare, conform programului fiziologic al homeotermiei, ceea ce contează în primul rînd este temperatura generală medie a tuturor suprafețelor cutanate, ceea ce indică „Balanța calorică" a organismului.

Registrul adaptărilor omului la diversele regimuri calorice în condițiile menținerii homeotermiei este foarte larg. Spre deosebire de animale, omul se poate, în principiu, adapta la orice zonă climaterică. Este adevărat că mutările dintr-o zonă tropicală într-o zonă polară se suportă mai greu decît mutările inverse. Fiziologic, este mai important antrenamentul la rece decît cel la cald. Performanțele de adaptare la diverse regimuri de căldură au făcut pe o serie de autori (Bîkov — 1947) să considere că sensibilitatea termică presupune o integrare la nivel cortical, ceea ce creează posibilitatea unor restructurări foarte profunde ale proceselor fiziologice, mergînd pînă la metabolismul bazal. Acest autor menționează opiniile lui Claude Bernard, Sachs,

care au arătat că îndepărtarea emisferelor cerebrale și a diencefalului poate face ca un animal homeoterm să devină poikiloterm. Bîkov, decorticînd un porumbel, a demonstrat că la acesta metabolismul urmează variațiile de căldură și nu se dezvoltă în sens contrar pentru a asigura homeotermia. Slonim și Ponugaeva au urmărit variațiile de metabolism la lucrători feroviari, punînd în evidență rolul senzației termice și al altor factori psihici în asigurarea homeotermiei. Pșonik (1952) a demonstrat posibilitățile obținerii senzațiilor termice prin condiționare la lumină sau sunet, deci în absența stimulului rece sau cald. Krehl și Isenschimdt presupun că în reglarea metabolismului termic un rol important revine hipotalamusului și mai ales (după Bîkov) zonei tubercinereului. Legătura dintre periferie sau zonele profunde și centru se realizează prin unii nervi spinali și cranieni.

S-a presupus o specializare a receptorilor; pentru cald — corpusculii lui Ruffini și Golgi-Mazzoni, iar pentru rece — corpusculii lui Krause. În urma cercetărilor moderne, realizate cu microelectrozi, s-a abandonat ideea unei riguroase specializări a fiecăreia din categoriile de receptori cutanați. Rezistă însă timpului vechile aserțiuni cu privire la distribuția inegală a punctelor de termorecepție. Există circa 280 de mii de astfel de puncte, dintre care numai 30 de mii sînt sensibile la căldură, iar restul de 250 de mii sînt sensibile la rece. Cea mai mare sensibilitate termică o are suprafața ventrală, cea mai mică, extremitățile corpului (cap, mîini, picioare). Se poate spune deci că punctele de termorecepție sînt distribuite exact invers decît cele de tangorecepție. Receptorii pentru căldură se găsesc la o adîncime mai mare decît cei pentru rece.

Bazett (1930), Jones au demonstrat că excitarea electrică a punctelor pentru rece provoacă senzații de rece, iar a celor pentru căldură provoacă senzații de căldură. Mai mult decît atît, unii autori demonstrează că aplicarea unui excitant cald pe un punct rece provoacă senzații de rece și invers. Mari discuții provoacă natura stimulului și a recepției periferice în cazul senzației de fierbinte. Se presupune că senzația de fierbinte rezultă din excitarea concomitentă atît a punctelor pentru cald cît și a celor pentru rece. Aceasta, întrucît ea poate fi obținută și prin aplicarea unui excitant de 42°—43°C pe un punct sensibil la rece. Se consideră că prin iradiere sînt angajate ambele feluri de receptori.

Începînd de la 47°C, senzația se transformă din fierbinte în arzătoare. Este de presupus că aici intervine într-o mai mare măsură recepția dolorifică.

Se consideră că în excitarea termică factorul cel mai important este modificarea temperaturii sîngelui. Bîkov socotește că cea mai neîn-

semnată modificare a temperaturii sanguine dintr-o anumită zonă se semnalizează la nivelul diencefalului. Se ştie de altfel că încălzirea excesivă provoacă o vasodilataţie superficială stagnantă (în cazuri de insolaţie). Este probabil ca recepţia termică să dispună şi de alţi mediatori biochimici ca şi în cazul durerii.

Pragul absolut al sensibilităţii termice nu poate fi apreciat prin valori fizice absolute, întrucît el reprezintă o deviere minimă de la zeroul fiziologic care am văzut că este variabil. Hardy şi Oppel au stabilit că pragul pentru căldură reprezintă 1/1 000 din pragul pentru durere. Pragul pentru rece este ceva mai mare, întrucît viteza de transmisie la aceştia este mai mică. Conform datelor publicate în „Human Factors In Undersea Warfare", Wash, 1949, pentru senzaţia de căldură este necesară o deviere de la zeroul fiziologic de 0,2°, pentru cea de rece o deviere de — 0,4°. Este însă necesar ca această modificare de temperatură să se continue timp de trei secunde.

Sensibilitatea termică diferenţială este ceva mai greu de studiat. Aceasta prin faptul că sensibilitatea termică este prin însăşi natura ei diferenţială, stabilind diferenţa termocalorică dintre organism şi mediu. Se apreciază că, în genere, pragul diferenţial termic este ceva mai mic decît un grad, diferenţa la rece fiind mai fină decît cea la cald.

În diferenţierea termică intervin pregnant fenomene de contrast. În nici o modalitate senzorială contrastul nu este aşa de influent ca în cazul termorecepţiei. Există un experiment clasic care demonstrează că prin contrast se poate ajunge chiar la modificarea paradoxală a senzaţiei. Ţinînd o mînă într-un vas cu apă de 38°C şi introducînd-o brusc în altul cu apă de 25°C, acesta din urmă ni se pare a fi rece; dacă însă ţinem mîna într-un vas de 12—15°C şi o introducem în acelaşi vas cu apă de 25°C, se înregistrează senzaţia de cald. Fenomenele de contrast sînt accentuate îndeosebi datorită adaptabilităţii termice. În măsura în care deosebirea dintre temperatura corpului şi temperatura mediului ambiant nu este prea mare (pînă la 10°C), adaptarea negativă se realizează foarte rapid, frigul sau căldura nemaifiind simţite. Menţionăm că adaptarea la căldură este mai rapidă decît cea la rece. Adaptarea este îngreunată în cazul în care deosebirea dintre temperatura corpului şi temperatura ambianţei este prea mare. În acest caz ea nu se realizează ritmic şi apar inegalităţi de adaptare în diverse zone ale corpului. În condiţiile de adaptare la frig sau căldură se reduce mult capacitatea discriminativă a sensibilităţii termice. Heise — (1932), înregistrînd impulsurile nervului lingual în condiţiile excitării cavităţii bucale cu apă care descreşte brusc de la 37°C la 13°C, a constatat o descărcare maximă timp de 1—2 secunde, pentru ca apoi să

se înregistreze un ritm uniform de impulsuri, deşi excitantul rece continuă să rămînă acelaşi. Este un experiment care demonstrează faptul că senzaţiile termice reflectă variaţiile de temperatură şi că ele sînt foarte adaptabile. Dodt — (1954), studiind descărcările electrice pe traseele ce conduc excitaţia termică, a constatat că viteza maximă de descărcare se situează la nivelul stimulenţilor dintre 38°C şi 43°C. Deasupra sau dedesubtul acestora, frecvenţa descărcărilor scade treptat şi se reduce la zero, (la 20°C şi la 47°C). În genere, excitaţia cu rece sau cu cald, staţionară, produce şi fiziologic o anumită adaptare. Bazett — (1930), a constatat că temperatura se modifică la 1 mm adîncime numai cu cîteva grade în urma unui contact prelung al respectivei părţi a pielii cu un obiect foarte cald sau foarte rece. Dacă excitaţia termică nu are contact cu corpul ce emană, radiază căldură sau o absoarbe de la distanţă, variaţiile temperaturii respectivei zone a corpului la adîncimea de 1 mm sînt doar de cîteva centigrade (Oppel şi Hardy — 1937).

Fenomenele de acest fel au făcut pe respectivii autori să considere că există două feluri de sensibilitate termică, în dependenţă de modurile de excitare: prin contact şi prin iradiere. S-a constatat că dacă prin stimularea de contact este suficientă excitarea unei suprafeţe de 1 mm^2 pentru a provoca o senzaţie termică, în condiţiile radiaţiei de la distanţă aceasta apare numai în cazul în care suprafaţa excitată este de minimum 700 mm^2. Intensificînd radiaţia, dar îndreptînd-o către o zonă mai mică de 700 mm^2, se obţine o senzaţie dolorifică iar nu termică. În cazul stimulaţiei termice prin contact nu se constată fenomene de sumaţie (Jenkins — 1940). Fiecare parte a corpului, excitată într-un anumit fel, generează o senzaţie distinctă. Datorită acestor împrejurări, în anumite condiţii este posibil ca diferenţierile termice să se realizeze prin confruntarea dintre diversele părţi ale corpului (de exemplu, punerea mîinii pe frunte). În cazul aplicării de stimulenţi iradianţi, apare fenomenul de sumaţie, aceasta mai ales dacă ei sînt aplicaţi asupra aceleiaşi zone corporale sau unor organe pereche (mîini, picioare). Dacă se stimulează mîna şi fruntea, sumaţia nu apare. Fenomenul de sumaţie în stimularea iradiantă se explică subiectiv prin apariţia unei senzaţii termice generale, nediferenţiate. Jenkins — (1951), consideră că nu există suficiente fapte pentru a presupune existenţa a două sisteme senzoriale termice, pentru contact şi pentru iradiaţii. Este clar însă că sensibilitatea termică dobîndeşte proprietăţi diferite în raport cu fiecare din cele două categorii de stimulenţi.

IV

RECEPȚIA VIZUALĂ

Recepția vizuală ocupă un loc central în reflectarea nemijlocită a însușirilor macroscopice ale obiectelor materiale din jur — culoare, formă, mărime, distanță, poziție etc. În cadrul nici unei alte modalități (în afară poate de cea tactilă) prezența „materială" a lucrurilor externe nu se face atît de puternic simțită ca în recepția vizuală; imaginea vizuală este reproducerea izomorfică cea mai completă a însușirilor obiectului. De aceea, la om, ea capătă rol de factor integrator al întregii experiențe senzoriale de cunoaștere; imaginile elaborate în cadrul celorlalte sisteme aferente converg spre zonele optice, unde dobîndesc, într-o măsură mai mare sau mai mică, nota comună a vizualității (S. L. Rubinstein 1960). Pe de altă parte, aferentația vizuală joacă rolul conducător în organizarea și coordonarea mișcărilor voluntare, ca verigi componente ale activității practice a subiectului (deplasare în spațiu spre obiectul acțiunii, operațiile instrumentale și obiectuale etc.). Întreaga praxie include în structura mecanismelor sale reglatorii informația polivalentă a sistemului optic.

1
Particularități structurale și de acțiune ale stimulului specific

Văzul a apărut și s-a dezvoltat — anatomic și funcțional — în raport cu stimulația luminoasă. Lumina este, așadar, *stimulul adecvat* al sensibilității vizuale.

Ca și sunetul, lumina este abordată în diverse planuri și termenului ca atare i se conferă un sens diferit. În primul rînd, lumina este înțeleasă ca fenomen fizic, material, identificîndu-se cu așa-numita energie

radiantă de orice fel. Cu studiul luminii ca fenomen natural se ocupă optica, ramură concretă a fizicii. În al doilea rînd, întrucît baza nemijlocită a noțiunii însăși de ,,lumină" o formează *senzația de lumină* sau de ,,claritate", prin lumină se subînțelege numai acea parte a razelor spectrale care pot fi efectiv percepute de organul vizual. Ca atare, din categoria luminii se exclud razele infraroșii și ultraviolete, care nu pot fi sesizate de om pe cale sensibilă. Cu o asemenea noțiune a luminii operează îndeosebi psihofizica și psihofiziologia. În sfîrșit, prin lumină se înțelege uneori efectul interacțiunii dintre energia radiantă și analizatorul vizual, adică senzația luminii. Această noțiune se întîlnește cel mai frecvent în limbajul cotidian (,,luminos", ,,lumină", ,,întunecos", ,,întuneric", subînțelegîndu-se prin aceasta intensitatea senzației).

Acea gamă de senzații de lumină și culoare, de diferite intensități și nuanțe, apare numai în cadrul interacțiunii directe dintre un organ vizual normal și razele de un anumit gen. Importantă pentru apariția senzației luminoase este configurația spațială și temporală a energiei radiante. Pentru a deveni un stimul eficient, este necesar ca fiecare element al acestei configurații să transporte pînă la receptor un anumit minim de energie.

De aceea, primul parametru după care trebuie analizat stimulul luminos este cel *cantitativ*. În funcție de cantitatea de energie radiantă pe care o poartă, unii stimuli luminoși sînt mai puternici (provoacă senzații de lumină mai intense), alții — mai slabi (determină senzații mai șterse). Corespunzător, unele surse pe care le folosim ca stimuli specifici vor lumina mai intens, altele mai slab. Privind în jur, în condiții de iluminat diferite, unele obiecte ne vor apare mai strălucitoare, altele mai palide etc.

Pornind de la aprecierile calitative se trece apoi la exprimarea lor în unități cantitative. Aci apar însă o serie de dificultăți, generate de faptul că ochiul nostru, deși diferențiază fin calitățile (luminozitățile), nu poate să măsoare, după principii matematice, de cîte ori o lumină este mai intensă decît alta, sau un obiect mai luminos decît altul (ceea ce el realizează, de altfel, în raport cu dimensiunile metrice ale obiectelor).

De aceea, singura bază pe care se sprijină fotometria o constituie capacitatea văzului de a estima cu multă precizie egalitatea sau inegalitatea a două luminozități.

În funcție de sarcina și scopul concret urmărit, în măsurarea luminii se recurge la diferite unități cantitative (fotometrice).

Pentru a putea exprima orice torent luminos în valori cantitative specifice este necesar să dispunem de o unitate etalon. Această unitate a fost stabilită și poartă numele de *lumen*.

Torentul luminos integral P, iradiat de sursă în toate părțile, caracterizează forța sursei date în ansamblu. Dar în practică, intensitatea luminii trebuie reglată și redistribuită în mod corespunzător. Adică, este necesar ca ea să fie dirijată asupra obiectelor spre care ne îndreptăm atenția și să nu fie împrăștiată în mod uniform în întregul spațiu.

De aci decurge că trebuie să dispunem de o asemenea caracteristică a sursei luminoase care să exprime distribuția iradiației în diferite direcții și care să ne permită să apreciem cîtă lumină trimite sursa respectivă într-o parte sau alta.

Această caracteristică este dată de unitatea fotometrică numită *intensitatea* luminii, care se notează cu I. Ea se determină prin raportarea torentului luminos care se propagă pe o direcție dată la așa-numitul unghi corporal ω.

$$I = \frac{P}{\omega} \tag{1}$$

Rezultă că intensitatea luminii va fi direct proporțională cu torentul luminos și invers proporțională cu mărimea unghiului corporal. Cu cît torentul luminos va fi mai mare, iar deschiderea prin care trece el mai mică, cu atît intensitatea luminii va fi mai puternică.

Ca unitate de măsură a intensității luminii se ia lumina normală. Valoarea ei decurge din formula 1: dacă punem P = 1 și ω = 1, rezultă că I = 1. Prin urmare, intensitatea de 1 lumină o posedă acea sursă care în unghiul corporal de 1 steradian emană un torent luminos de 1 lumen.

Dacă fascicolul de raze de la o sursă oarecare cade pe suprafața unui obiect, se spune că obiectul respectiv este iluminat. Iluminatul este un factor fizic esențial care condiționează percepția vizuală. După cum se știe, doar foarte puține corpuri posedă lumină proprie. De aceea, noi putem percepe vizual lucrurile numai dacă ele sînt suficient de bine iluminate. (De pildă, în condiții de întuneric, nu distingem nici un obiect sau distingem foarte puține, tocmai pentru că iluminatul este infim).

Iluminatul, ca unitate de măsură a clarității spațiului (obiectelor), îl notăm cu E. El este determinat de valoarea torentului radiar care cade pe unitatea de suprafață dată

$$E = \frac{P}{S} \tag{2}$$

Am arătat deja că torentul luminos P se măsoară în lumeni, iar ca unitate de măsură a suprafeței S se ia centimetrul sau metrul pătrat. Corespunzător, în fotometrie se utilizează două unități pentru exprimarea iluminatului:

— *fotul*, care exprimă iluminatul în care un torent de 1 lumen revine la 1 cm^2 de suprafață;

— *luxul*, care desemnează cazul iluminatului în care 1 lumen revine la 1 m^2 de suprafață (1 fot = 10.000 lucși).

Este evident că iluminatul depinde, pe de o parte, de intensitatea luminii iar pe de alta de distanța dintre sursă și obiect. Pentru a exprima această dependență se folosește formula: $E = \frac{I}{L^2}$ (3), unde I — intensitatea, iar L — distanța. Obținem astfel cunoscuta lege a „pătratelor distanței" pentru iluminat. (Dacă L este dat în centimetri, atunci E va fi obținut în foți, iar dacă este dat în metri, E se va exprima în lucși.) Formula respectivă este valabilă pentru cazurile cînd razele cad normal. Dacă, însă, razele cad sub un anumit unghi i, formula se modifică astfel: $E_i = E \cos \cdot i = \frac{I}{L^2} \cos \cdot i$ (4). (Această formulă se bazează pe *legea cosinusului*.) Dezvăluind în cuvinte sensul relației (4) spunem că: *iluminatul E_i al unei suprafețe din partea unui fascicol de raze paralele este proporțional cu cosinusul unghiului i al căderii razelor pe suprafața dată.*

Un corp sau o suprafață poate primi în același timp lumină de la mai multe surse. În acest caz, vom avea de a face cu un iluminat de tip sumativ, egal cu suma simplă a iluminărilor de la fiecare sursă. $E = E_1 + E_2 + E_3 \ldots + E_n$ (5). (Legea adițiunii iluminatului).

Intensitatea senzației de lumină este determinată nu numai de forța fascicolului radiar luat în sine. După cum se știe, niciodată fascicolul luminos nu se prezintă sub forma unui punct, ci apare ca emanația unui corp oarecare, fie el cît de mic, care posedă un anumit volum și o anumită suprafață. Suprafața respectivă are anumite caracteristici fizice care fac ca sursa de lumină să pară mai strălucitoare sau mai palidă. Este vorba de proprietățile de absorbție și reflexie. Ele trebuie neapărat luate în considerație atunci cînd se studiază dinamica sensibilității vizuale. De fapt, noi percepem nu întregul fascicol de raze pe care-l emană o sursă, ci doar ceea ce reflectă corpurile asupra cărora cade el. Astfel, avînd aceeași intensitate de lumină, dar corpuri cu coeficienți de absorbție și reflexie diferiți, vom constata senzații luminoase de nuanțe diferite.

Pentru desemnarea acestor aspecte ale stimulilor luminoși se folosesc noțiunile de *luminozitate* și *claritate*. Luminozitatea caracterizează torentul de raze emanat de către o sursă în toate părțile, fără a considera poziția observatorului.

Claritatea se referă la acel fascicol de raze care este orientat în direcția observatorului. Ca atare, putem avea clarități diferite deși luminozitatea surselor este aceeași. (De pildă, dacă principalul buchet de raze de la sursa A va fi orientat spre subiect, iar cel de la sursa B — într-o altă direcție, în primul caz, claritatea va fi proporțional mai mare decît în cazul al doilea.) Senzația de claritate va depinde atunci de intensitatea luminii pe care o emană o unitate de suprafață a corpului care iluminează. Ea se măsoară, de obicei, în cantitatea de lumini generată de 1 cm^2 de suprafață (luîndu-se ca unitate *stilbul*) sau de 1 m^2 de suprafață (luîndu-se ca unitate de măsură *nitul*)*. Se mai folosesc și alte unități: *lambertul* $= \frac{1}{\pi}$ stilbi $= 0{,}318$ stilbi, *apostilbul* $= \frac{1}{\pi}$ niți $=$ $= 0{,}318$ niți $= \frac{1}{10\,000}$ lamberți.

După cum se știe, lumina care stimulează organul nostru vizual se propagă printr-un anumit mediu cu o anumită densitate (mediu solid, lichid sau gazos). Astfel se stabilește o interacțiune specifică între fascicolul de raze emanat de o sursă și mediul real prin care se propagă el. Ca urmare, se produc anumite modificări de ordin direcțional și cantitativ ale fascicolului dat, care vor influența asupra senzației luminoase și asupra percepției formelor și dimensiunilor obiectelor. Cele mai răspîndite din fenomenele care iau naștere în cadrul interacțiunii dintre fascicolul luminos și mediul de propagare și care condiționează nemijlocit caracteristicile recepției vizuale sînt: *absorbția*, *reflexia* și *refracția*.

Toate corpurile posedă proprietatea de a absorbi o anumită parte din energia radiantă ce cade pe suprafața lor și de a reflecta (respinge) o altă parte. La diferitele corpuri raportul dintre cantitatea absorbită și cea reflectată este diferit. Valorile care exprimă cei doi coeficienți — de absorbție (α) și de reflexie (S_0) — sînt întotdeauna mai mici decît valoarea fascicolului inițial P_p. S-au stabilit următoarele relații:

$$S_0 = \frac{P_r}{P_p} \quad (6),$$

* Stilbul = claritatea în cazul cînd intensitatea de 1 lumină emană de pe o suprafață de 1 cm^2.

Nitul = claritatea în cazul cînd intensitatea de 1 lumină emană de pe o suprafață de 1 m^2. 1 stilb = 10 000 niți.

unde P_r este fascicolul reflectat iar P_p — fascicolul inițial; și

$$\alpha = \frac{P_a}{P_p}, \qquad (7)$$

unde P_a = fascicolul absorbit. Pe lîngă caracteristicile structurale ale mediului (corpurilor) prin care trece fascicolul luminos, coeficienții de mai sus depind și de mărimea unghiului de cădere a razelor. De regulă, coeficientul de reflexie crește o dată cu creșterea unghiului de cădere. După cum vom vedea, raporturile dintre coeficientul de reflexie și cel de absorbție vor determina diferite note (calități) ale senzațiilor de lumină și culoare (îndeosebi — claritatea și saturația).

Refracția, fiind însoțită de o reflexie haotică a razelor în toate direcțiile, influențează considerabil asupra formei și mărimii obiectelor. De pildă, un obiect aflat parțial în mediu gazos (atmosferic) și parțial într-un mediu lichid este perceput frînt de la punctul de contact a celor două medii. În apă obiectele par cînd exagerat de alungite și plate, cînd masive, voluminoase etc.

O parte a razelor luminoase care pătrund în obiect și sînt reflectate înapoi, în toate părțile, de către suprafața adresată către sursă, creează fenomenul de *difuzie*.

Difuzia face ca obiectele care primesc lumina de la diferite surse să se perceapă luminoase din oricare parte ar fi privite. Ea se exprimă în coeficientul reflexiei difuze S_d.

$$S_d = \frac{P_{r'}}{P_p}, \qquad (8)$$

unde $P_{r'}$ — mărimea torentului luminos P_1 difuzat de suprafața obiectului adresată către sursă. Coeficientul reflexiei difuze determină pe planul reflectării senzoriale așa-numita notă de albeață a obiectelor. Cu cît suprafața obiectului adresată către sursă difuzează mai multă lumină, cu atît ea va părea mai albă.

O altă porție din fascicolul inițial P_p poate traversa mai departe obiectul, fiind difuzată de suprafața opusă sursei luminoase. Fenomenul poartă numele de *admisie* și se exprimă în coeficientul de admisie T_r. Acesta este dat de relația $T_r = \frac{P_i}{P_p}$, (9), unde P_i reprezintă tocmai torentul care a trecut prin obiect și a fost difuzat de suprafața opusă sursei luminoase.

În sfîrșit, o ultimă porțiune a fascicolului luminos inițial P_p traversează obiectul de la o margine la alta, nesuferind decît modificări de

direcţie, ca urmare a refracţiei duble (la intrare şi ieşire) şi iese în afară în forma fascicolului H, ale cărui raze sînt paralele cu fascicolul iniţial. Această doză se exprimă în coeficientul de transparenţă T_h:

$$T_h = \frac{P_h}{P_p}, \tag{10}$$

unde P_h reprezintă torentul de raze conţinut în fascicolul recoltat de cealaltă parte a obiectului.

Toate cele cinci valori care definesc din punct de vedere cantitativ lumina — torentul luminos, intensitatea, iluminatul, luminozitatea şi claritatea — se află în strînsă interdependenţă. Ele toate condiţionează dinamica recepţiei vizuale. Totuşi, ponderea fiecăreia în această condiţionare este diferită. Trebuie ştiut că ochiul nostru percepe nemijlocit numai ultima valoare — *claritatea*. Celelalte valori se apreciază indirect, după claritatea obiectelor din jur. Claritatea se măsoară cu ajutorul fotometrelor (care sînt de multe tipuri). Intensitatea (înglobînd aci toate acele caracteristici de ordin cantitativ de care am vorbit mai sus) reprezintă prima proprietate a luminii ca fenomen obiectiv, în raport cu care s-a desprins şi s-a constituit receptorul vizual. Primele celule fotosensibile reacţionează tocmai la diferenţele de intensitate ale stimulului (iniţial se deosebea doar „lumina" de „întuneric", iar apoi în cadrul acestor registre devine posibilă diferenţierea unei scări discontinui de clarităţi).

A doua proprietate fundamentală în raport cu care s-a desfăşurat dezvoltarea şi perfecţionarea anatomo-fiziologică a sistemului vizual este lungimea de undă λ. Aceasta depinde de frecvenţa sau de numărul vibraţiilor pe secundă. Cu cît frecvenţa este mai mare, cu atît lungimea de undă este mai mică, şi invers. În contact cu organul vizual specializat, lungimea undei electromagnetice determină *senzaţia de culoare*. Dacă privim doar o radiaţie monocromatică, atunci culoarea iradiaţiei poate fi precis şi simplu exprimată în forma frecvenţei oscilaţiilor electromagnetice sau a lungimii de undă. Se poate spune, aşadar, că noi percepem culoarea în forma ei cea mai pură şi intensă, atunci cînd asupra receptorului vizual cade o rază monocromatică sau, mai exact, cînd acţionează razele dintr-un segment foarte îngust al spectrului, cuprins între lungimile de undă λ şi $\lambda + \Delta\lambda$. Acest lucru îl constatăm uşor dacă privim spectrul solar sau al altei surse luminoase puternice în cîmpul spectroscopului. Primul care a realizat descompunerea spectrului complet al radiaţiei solare în fîşii foarte înguste a fost Newton, care prin aceasta a devenit fondatorul teoriei moderne despre culoare. În spectrul complet se deosebesc, de regulă, 7 culori de bază: *roşu*, *porto-*

caliu, *galben*, *verde*, *albastru*, *indigo* și *violet*. Împărțirea aceasta este desigur convențională. În realitate, ochiul distinge în spectru un număr foarte mare de nuanțe cromatice intermediare, întrucît succesiunea culorilor spectrului este continuă și fiecare culoare dată trece în culoarea vecină în mod treptat.

Ochiul omului este capabil să recepționeze lungimile de undă cuprinse între 800 și 390 mμ (milimicroni). Dincolo de 800 mμ se află segmentul razelor infraroșii; acestea, fiind legate de o mare cantitate de energie calorică, nu sînt percepute de retină. (Perceperea lor ar fi dăunătoare). Sub 390 mμ se găsesc razele ultraviolete care, fiind absorbite de straturile superioare ale atmosferei, ajung într-o cantitate foarte mică pe pămînt, iar energia pe care o poartă ele nu atinge nivelul pragului inferior al sensibilității vizuale.

În tabelul de mai jos este dat raportul dintre lungimile de undă și tonul cromatic pe care-l provoacă acțiunea lor asupra ochiului omului.

Culoarea	*Limitele în milimicroni*	*Lățimea segmentului în m/μ*
Violet	390—450	60
Indigo	450—480	30
Albastru	480—510	30
Albastru-verzui	480—490	10
Verde-albăstrui	490—510	20
Verde	550—575	25
Galben	575—590	15
Portocaliu	590—620	30
Roșu	620—800	180

Din analiza cifrelor prezentate în acest tabel iese dintr-o dată în evidență inegalitatea modificării culorii o dată cu lungimea de undă. Astfel, creșterea lungimii de undă de la limita ultravioletului (390 mμ) pînă la 450 mμ influențează puțin asupra culorii, ochiul continuînd să perceapă aceeași culoare violet. În segmentul spectral următor, culoarea se modifică mai repede, iar deplasîndu-ne spre capătul roșu al spectrului, constatăm că ea trece destul de repede prin indigo în albastru. Ritmul cel mai accelerat de modificare se constată în zona galbenului: la 570 mμ culoarea este încă destul de verzuie, la 580 mμ ea devine galben pur, iar la 590 mμ se schimbă deja în portocaliu. În continuare,

culoarea se modifică din ce în ce mai lent, iar de la 770 mμ rămîne constantă, astfel că pe o fîşie destul de întinsă (620—800 mμ) noi percepem spectrul electromagnetic în ton roşu.

Rapiditatea modificării culorilor de-a lungul spectrului perceptibil se măsoară şi se exprimă în valori de ordin cantitativ. În acest scop, se foloseşte fotometrul binocular. Cele două cîmpuri ale fotometrului se iluminează cu lumină monocromatică, avînd iniţial aceeaşi lungime de undă λ. Apoi, se modifică lent lungimea de undă pentru unul din cîmpuri, oprindu-ne la valoarea $\lambda + \Delta\lambda$, la care apare pentru prima dată o deosebire abia perceptibilă în senzaţia iniţială de culoare (pragul diferenţei sensibile a culorii). Această diferenţă minimă în lungimea de undă —$\Delta\lambda$— la nivelul căreia începe a fi percepută deosebirea faţă de culoarea iniţială, este luată ca unitate de măsură a rapidităţii modificării coloritului în zona dată a spectrului. Dinamica modificării culorilor în cadrul spectrului este reprezentată în figura 5.

Observăm că la limita violetului $\Delta\lambda$ are o valoare ridicată, dar scade repede, dînd o undă mică la 450 mμ. Între 480 şi 500 mμ curba atinge minimul; aci culoarea se modifică foarte repede o dată cu creşterea lungimii undei. Apoi $\Delta\lambda$ creşte iarăşi şi atinge un nou maximum la 530 — 540 mμ, ceea ce corespunde întinderii relativ mari a zonei verzi a spectrului. Mai departe, curba descreşte şi dă un nou minim, cel mai jos în jurul lungimii de 590 mμ, corespunzător dinamicii culorii galbene care ocupă în spectru cea mai îngustă zonă, lăţimea ei totală nedepăşind 10 mμ. În porţiunea capătului roşu al spectrului, curba creşte în ritm accelerat şi în jurul lungimii de 700 mμ ea se îndreaptă spre infinit. Aceasta înseamnă că toate razele a căror lungime de undă depăşeşte

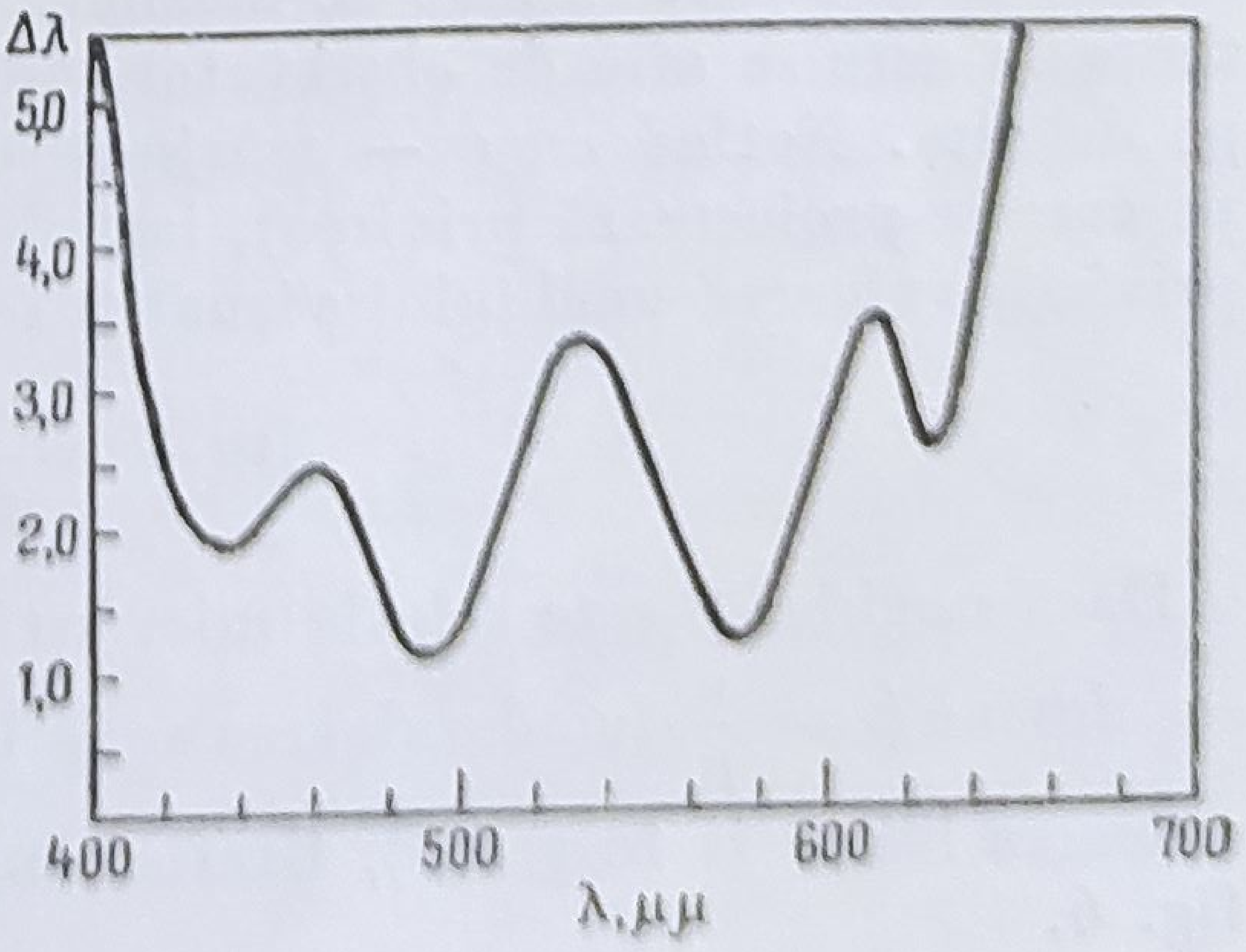


FIG. 5. MODIFICAREA SENSIBILITĂŢII DIFERENŢIALE FAŢĂ DE CULORI DE-A LUNGUL SPECTRULUI

700 mμ sînt cu totul nediferenţiabile după culoare, ele fiind percepute într-un singur ton cromatic — roşu.

Pe baza cercetării pragurilor $\Delta\lambda$ se poate conchide că numărul de nuanţe cromatice pe care ochiul le poate diferenţia în cadrul registrului vizibil al lungimilor undelor electromagnetice este destul de mare — 100—200. (A. Rose, 1948, W. S. Steiles, 1954, P. Fraisse, 1963).

În afară de lungime, undele electromagnetice posedă şi alte caracteristici importante precum amplitudinea şi forma. Amplitudinea se referă la energia pe care o poartă unda de lungime dată. Ea determină *claritatea* culorii. *Forma* se referă la aspectul general al oscilaţiilor undelor electromagnetice şi ea rezultă din interacţiunea specifică a mai multor unde de lungime diferită. Forma condiţionează calitatea de *saturaţie* a senzaţiei de culoare. Culoarea obiectelor care nu posedă lumină proprie (ci o primesc de la alte surse) este determinată de acţiunea asupra organului vizual a undelor electromagnetice pe care le reflectă. Suprafeţele care nu reflectă nici o parte a undelor spectrale sau reflectă un procent foarte mic au culoarea neagră. Dimpotrivă, cele care reflectă aproape integral fascicolul luminos ce cade pe suprafaţa lor au culoarea albă. Suprafeţele care reflectă selectiv undele de diferite lungimi sînt percepute în tonuri cromatice diferite; fiecărei suprafeţe materiale îi este propriu un anumit coeficient de reflexie.

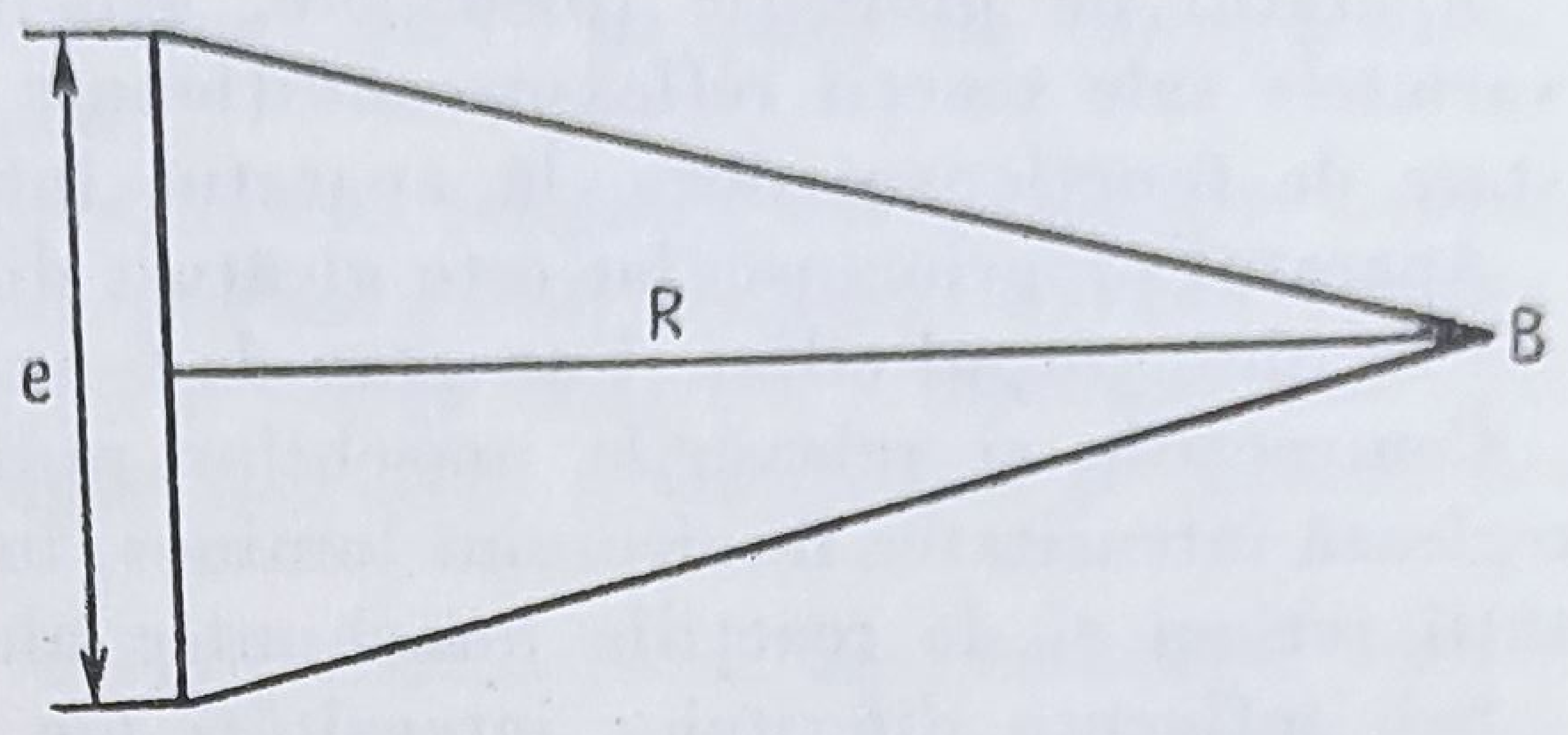
Cunoaşterea şi determinarea proprietăţilor de reflexie şi absorbţie ale corpurilor prezintă mare importanţă pentru cercetarea funcţiilor sensibilităţii cromatice a ochiului, precum şi pentru găsirea celor mai eficiente modalităţi de ordin psihofiziologic, de îmbinare a culorilor în ambianţa în care omul îşi desfăşoară activitatea.

Pe lîngă caracteristicile fizice ale stimulului, o variabilă esenţială care intervine şi influenţează permanent procesul recepţiei este *unghiul vizual*. El este determinat de mărimea („înălţimea") obiectului şi distanţa la care se află de observator, pe de o parte, şi de linia privirii, pe de alta. Notînd cu e — mărimea deschiderii (înălţimea obiectului pe care se proiectează privirea), iar cu R — distanţa pînă la e pe linia privirii, valoarea unghiului vizual β se determină după formula:

$$\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} = \frac{e}{2R}$$

Dacă unghiul β este relativ mic, astfel că $\operatorname{tg}\beta = \beta$, formula de mai sus devine $\beta = \frac{e}{R}$ (cînd valoarea se ia în radiani) sau, $\beta = \frac{57,3\,e}{R}$ (cînd valoarea lui se ia în grade). Grafic, unghiul vizual se reprezintă ca în fig. 6.

FIG. 6. SCHEMA GRAFICĂ A UNGHIULUI VIZUAL



Menționăm că în orice situație calcularea unghiului vizual trebuie să fie însoțită de determinarea: 1) mărimii absolute a stimulului și 2) poziției punctului de calcul (de exemplu, suprafața sclerei) de la care se măsoară distanța R. (H. Graham, 1951).

2
Structura anatomo-fiziologică a analizatorului vizual

Analizatorul vizual reprezintă în sine un sistem unitar, constituit din mai multe verigi, specializat pentru recepționarea energiei electromagnetice de tip radiar. La om, el atinge punctul cel mai înalt al organizării structurale și funcționale.

Aparatul vizual al omului este rezultatul unei îndelungate evoluții biologice și biosociale.

Din punct de vedere anatomic, el poate fi împărțit în următoarele segmente: *veriga periferică*, *căile aferente de conducere*, cu centrii nervoși intermediari, *veriga corticală*.

În cadrul verigii periferice includem: globul ocular în care se află aparatele de refracție și organul senzorial (retina), aparatul de apărare format din învelișuri membranoase și sisteme glandulare și aparatul motor.

Deși din cele enumerate funcția recepției propriu-zise o îndeplinește numai un singur element — retina — pentru realizarea optimă a imaginii vizuale este necesară participarea tuturor verigilor, fiecare jucînd un rol specific.

Aparatul de protecție (pleoapele, genele, sistemul glandelor) prin variatele sale reacții reflex-necondiționate are rolul de a întreține în stare de funcționare normală aparatul întregului sistem optic.

Aparatul propriomuscular este alcătuit din fibrele circulare și radiare ale irisului, corpul ciliar și un grup de 6 mușchi ai globului ocular.

Contracțiile și relaxările mușchilor radiari și circulari ai irisului reglează intensitatea fascicolului luminos, în funcție de nivelul sensibilității retinei și de reacțiile fotochimice ale acesteia.

Sub influența diferitelor intensități ale luminii, diametrul pupilei se modifică de la 2 la 8 mm. Corpul ciliar este implicat direct în reglarea formei cristalinului. Cristalinul este cel mai important mediu de refracție a razelor luminoase care pătrund în globul ocular, îndreptîndu-se spre retină. Modificîndu-și curbura (și respectiv raportul dimensional dintre cele două diametre), cristalinul asigură focalizarea fascicolului luminos în punctul optimei sensibilități a retinei. Această modificare se produce sub influența distanței și unghiului vizual. Cînd stimulul se află la distanță mică de subiect, crește diametrul transversal și se micșorează cel longitudinal; în cazul distanțelor mari, raporturile se inversează. Ochiul nostru poate vedea (fără acomodare) obiectele începînd de la distanța de 20 cm, pînă la distanțe indefinite. Sistemul optic are capacitatea de a-și modifica distanța focală de la 18,7 pînă la 20,7 mm (M. R. Evans, 1959). Datorită refractării de către cristalin a razelor care pornesc paralel de la obiect, imaginea ce se formează pe retină este răsturnată. În această formă ea este preluată și codificată de elementele nervoase periferice. Cristalinul este prima verigă însemnată în lanțul complex al sistemului vizual (începînd de la periferie), care asigură realizarea principiilor izomorfismului metric în elaborarea imaginii perceptive a obiectului; adică, modificarea în cadrul codului intern specific a dimensiunilor luate separat, cu păstrarea nealterată a raporturilor structural-configuraționale dintre elementele componente (W. Pitts, S. W. Mc Culloch, 1947).

De mușchii globilor oculari se leagă două categorii de reacții: a) mișcările de convergență și fuzionare (centrare) a privirilor și b) procesele de acomodare. Convergența sau reglarea celor doi ochi asupra obiectului se realizează împreună cu acomodarea sau focalizarea sistemelor de refracție ale ochilor. Convergența este impusă de modificarea permanentă a distanței și poziției obiectului în cîmpul perceptiv. De aceea, în condiții normale, ea se împletește cu acomodarea. Mișcările de fuzionare fac posibilă unitatea vederii binoculare, mai ales în asemenea condiții de recepție ca cele pe care le creează stereoscopul. Ochii efectuează mișcări de rotație în jurul axelor lor, pînă cînd imaginile

ce se formează pe cele două retine „cad" pe punctele corespondente, obținîndu-se o imagine unică.

Acomodarea se referă la modificarea lungimii axelor globilor oculari și curburii cristalinului, despre care am vorbit mai sus. Ca și convergența, acomodarea trebuie considerată o verigă necesară a mecanismelor care stau la baza perceperii vizuale îndeosebi a însușirilor și raporturilor spațiale.

Dintre toate elementele verigii periferice a analizatorului vizual, cel mai important este desigur *retina* — organul receptor specific. Structura ei este foarte complexă: se compune din zece straturi dintre care 3 sînt formate din corpi celulari neuronali, iar 2 sînt reprezentate prin sinapsele acestora. Pentru asigurarea procesului de recepție, esențiale sînt patru straturi: a) stratul intern — epiteliu pigmentar — care reflectă lumina îndreptînd-o înapoi spre elementele senzitive; b) stratul celulelor fotosensibile; c) stratul celulelor nervoase bipolare și d) stratul celulelor nervoase multipolare (ganglionare). Undele electromagnetice acționează asupra celor două tipuri de celule fotosensibile: cu conuri și cu bastonașe.

Omul dispune de aproximativ 6 milioane de celule cu conuri și de 115 milioane celule cu bastonașe. În structura retinei aceste celule se dispun neuniform. Astfel, în zona periferică predomină bastonașele, iar în cele centrale — conurile. Bastonașele posedă o sensibilitate mult mai mare decît conurile, dar o capacitate rezolutivă mai mică; ele alcătuiesc aparatul așa-zisei vederi nocturne sau acromate. Conurile au un prag senzorial mai ridicat dar o capacitate rezolutivă mai mare; ele formează aparatul vederii diurne (afectarea lui duce la tulburarea recepției culorilor cromatice).

Prin urmare, retina este un cîmp cu sensibilitate inegală. În partea posterioară, la 4 mm median de polul globului ocular se află *maccula palida*, cu diametrul de 1,8 mm, care corespunde locului de origine a nervului optic. Aci nu există celule fotosensibile, de unde zonei respective i se mai spune pată oarbă.

Datorită mecanismelor speciale de redresare a ochilor (mișcările globilor oculari, încrucișarea unei părți a fibrelor aferente), pata oarbă nu constituie un impediment pentru recepție; de altfel, în condiții normale, obișnuite, ea nici nu este sesizată. Se poate pune însă ușor în evidență experimental (vezi fig. 7). Puțin mai jos de pata oarbă, la 4 mm, spre exterior, se află locul celei mai clare vederi — *fovea centralis* (pata galbenă). Aci se află comasate aproape în exclusivitate conuri. Pentru ca percepția vizuală să atingă parametrii optimi, sub toate aspectele — acuitate, pregnanță, adecvare etc. — este necesar



FIGĂ. 7. PROBA EXPERIMENTALĂ PENTRU EVIDENȚIEREA PETEI OARBE
Închizînd ochiul stîng și privind fix cu cel drept cruciulița, de la o distanță de aproximativ 20 cm, după un anumit interval de timp se constată dispariția din cîmpul vizual a triunghiului.
Pătratul va continua să fie perceput, deși se află dispus în zona periferică a cîmpului vizual.

ca imaginea obiectului să fie ,,plasată'' în zona petei galbene. Aceasta se realizează prin intermediul actului de centrare, care asigură reglarea și orientarea corespunzătoare a aparatului vizual.

Structura generală a retinei are, așadar, un caracter discret. Caracterul discret își găsește expresia nu numai în diversitatea elementelor componente primare (enumerate mai sus), dar și în modul în care aceste elemente se conectează între ele.

Atît celulele cu conuri (b), cît și celulele cu bastonașe (a), prin intermediul celulelor bipolare de diferite tipuri (d, e, f, h,), se conectează cu celulele ganglionare (m, n, o, p, s), formînd unitățile sau cîmpurile receptoare. Calea de conducere foveală (vezi partea stîngă a desenului) posedă particularitatea de excitație care ia naștere într-un con, poate fi transmisă printr-un lanț ,,neuronal'' individual alcătuit din așanumitele bipolare (h) și ganglionare (s) pitice. Totodată, cu ajutorul celulelor ganglionare difuze (multiramificate) (m, n, o, p), al bipolarelor, (e, f), precum și al celulelor asociative speciale (fig. 8) în fovea centrală se asigură o largă comutare a excitațiilor. O importanță deosebită pentru procesul percepției vizuale o are posibilitatea realizării unei mari sumări a excitațiilor spațiale din grupa conurilor foveale.

Căile laterale (periferice) (vezi partea dreaptă a fig. 8) au un caracter mult mai difuz. Mai multe conuri și bastonașe se conectează la o singură celulă bipolară, iar mai multe bipolare fac sinapsă cu o singură ganglionară. O singură celulă ganglionară poate prelua excitația de la cîteva mii de bipolare (S. Polyak, 1941). În același timp, un singur fotoreceptor se poate conecta cu mai multe celule bipolare, iar o bipolară — cu mai multe celule ganglionare.

Pe lîngă sistemul receptor-conductor, în retină se mai relevă sistemul integrator, compus din: celulele de asociație orizontale (c) și amacrine (b), din bipolarele centrifugale (i) și din fibrele conexiunii inverse (t)

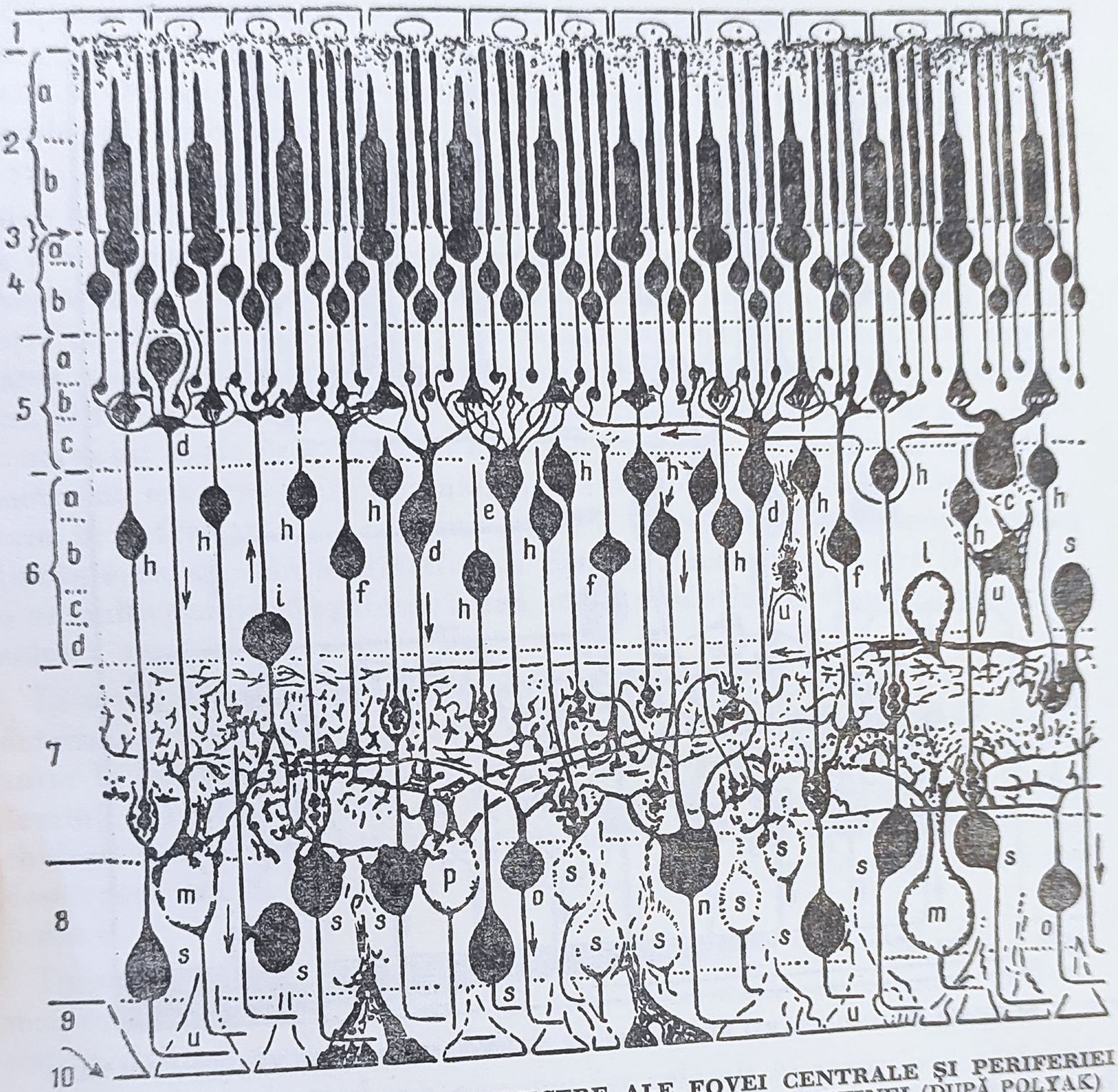


FIG. 8. SCHEMA CĂILOR DE CONDUCERE ALE FOVEI CENTRALE ŞI PERIFERIEI RETINEI (DUPĂ POLYAK)

de la segmentele superioare ale creierului. Acest sistem este mai dezvoltat în aparatul conurilor, decît în cel al bastonaşelor. Astfel, în ultimă instanţă, sumarea excitaţiei la nivelul retinei, se realizează atît datorită conjugării mai multor fotoreceptori cu o singură bipolară şi a mai multor bipolare cu o singură ganglionară, cît şi datorită sistemului integrator. O imagine generală asupra posibilităţilor de coordonare complexă a fenomenelor excitaţiei la periferie, ne-o poate da schema ipotetică a lui Polyak (fig. 9).

În partea stîngă (elementele umbrite) este indicată calea directă a impulsurilor de la grupa dată de receptori stimulaţi la creier. În dreapta

11–84

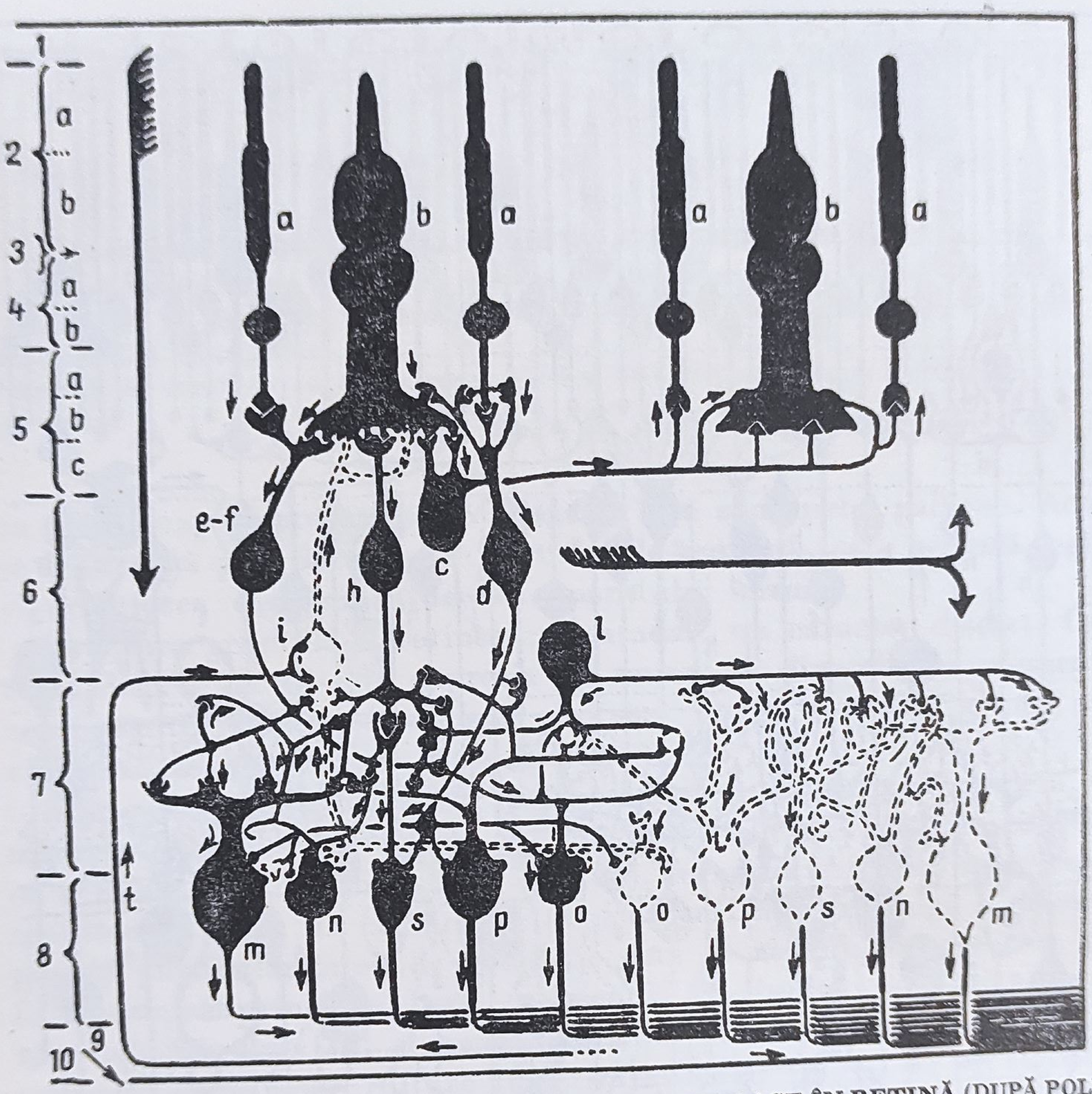


FIG. 9. SCHEMA COORDONĂRII PROCESELOR NERVOASE ÎN RETINĂ (DUPĂ POLYAK)

sînt reprezentate celulele direct excitabile, asupra cărora pot însă influența neuronii asociativi — orizontali (c) și amacrini (1).

În cazul stimulării doar a conurilor (v), pot intra în stare de excitație toate bipolarele, iar prin ele — toate celulele ganglionare. Excitînd doar bastonașele (a), se activează toate celulele bipolare, în afară de cele pitice (h). Celulele ganglionare pot intra de asemenea toate în excitație, ca și în cazul stimulării conurilor, dar pe alte căi decît cele pe care se transmite influxul de la conuri.

Prin intermediul activității celulelor asociative (c) conurile pot influența asupra impulsurilor generate de bastonașe (influența inversă însă nu se produce). Se consideră că această influență este inhibitorie (Orbeli, 1934, Gniakin, 1948).

Bipolarele centrifugale (i) și fibrele (t) transmit influențele de la celulele ganglionare și de la segmentele superioare ale creierului la receptori ș.a.m.d. Desigur, schema respectivă nu explică decît un mecanism relativ simplu al activității retinei.

Date importante au fost acumulate pe baza cercetărilor electrofiziologice. În 1928, Adrian și Matthews au stabilit dependența perioadei ascunse a răspunsului și frecvenței impulsului în nervul optic de suprafața excitantului luminos care acționează asupra retinei. (Creșterea suprafeței excitantului pe retină pînă la 0,6 mm determină succesiv micșorarea perioadei de latență a răspunsului și creșterea frecvenței impulsului. Ulterior, Hartline (1940) recoltînd curenții de acțiune de pe o fibră a nervului optic la broască și excitînd retina cu un stimul al cărui diametru nu era prea mare (50 microni), a descoperit că momentele de exaltare în activitatea de răspuns apar în cazul iluminării unei porțiuni limitate ca suprafață. Hartline a denumit această porțiune (legată cu o anumită celulă ganglionară sau cu terminația ei) cîmpul receptor al celulei respective.

În urma cercetărilor lui Hartline (1935, 1938) și Granit (1947), s-au determinat trei tipuri de celule ganglionare care dau descărcări de impulsuri: 1) celule și fibre de *tip on*, care răspund la momentul închiderii luminii; 2) celule și fibre de *tip off*, care reacționează în momentul deschiderii (întreruperii) luminii și 3) celule și fibre *tip on-off*, care dau descărcări atît în momentul închiderii, cît și în momentul deschiderii luminii.

După Granit, sistemele care dau răspunsuri on — și off — sînt reciproc antagoniste; excitantul care determină un răspuns într-un sistem, inhibă apariția activității în celălalt.

Aplicînd un electrod sub pleoapă, iar celălalt în apropierea aceluiași ochi (de pildă în zona temporală), cu ajutorul oscilografului putem înregistra global modificările potențialelor electrice ce apar în retină în timpul acțiunii iluminării (excitării) de scurtă durată. Curba obținută se numește electroretinogramă (E.R.G.). Ea ne pune în evidență alte caracteristici ale mecanismelor nervoase periferice ale recepției vizuale. E.R.G. are o structură complexă, fiind compusă din mai multe momente (faze) și anume: o oscilație scurtă de tip negativ a potențialului (unda *a*), o fază pozitivă, cu durata mult mai mare (unda *b*) și încă o fază pozitivă lentă (o creștere secundă slabă a potențialului — unda *c*). Unda *c* urmează după scăderea undei *b*.

Primele două unde reprezintă reacția la închiderea excitantului, iar ultima este legată cu răspunsul la deschiderea luminii (fig. 10). Se

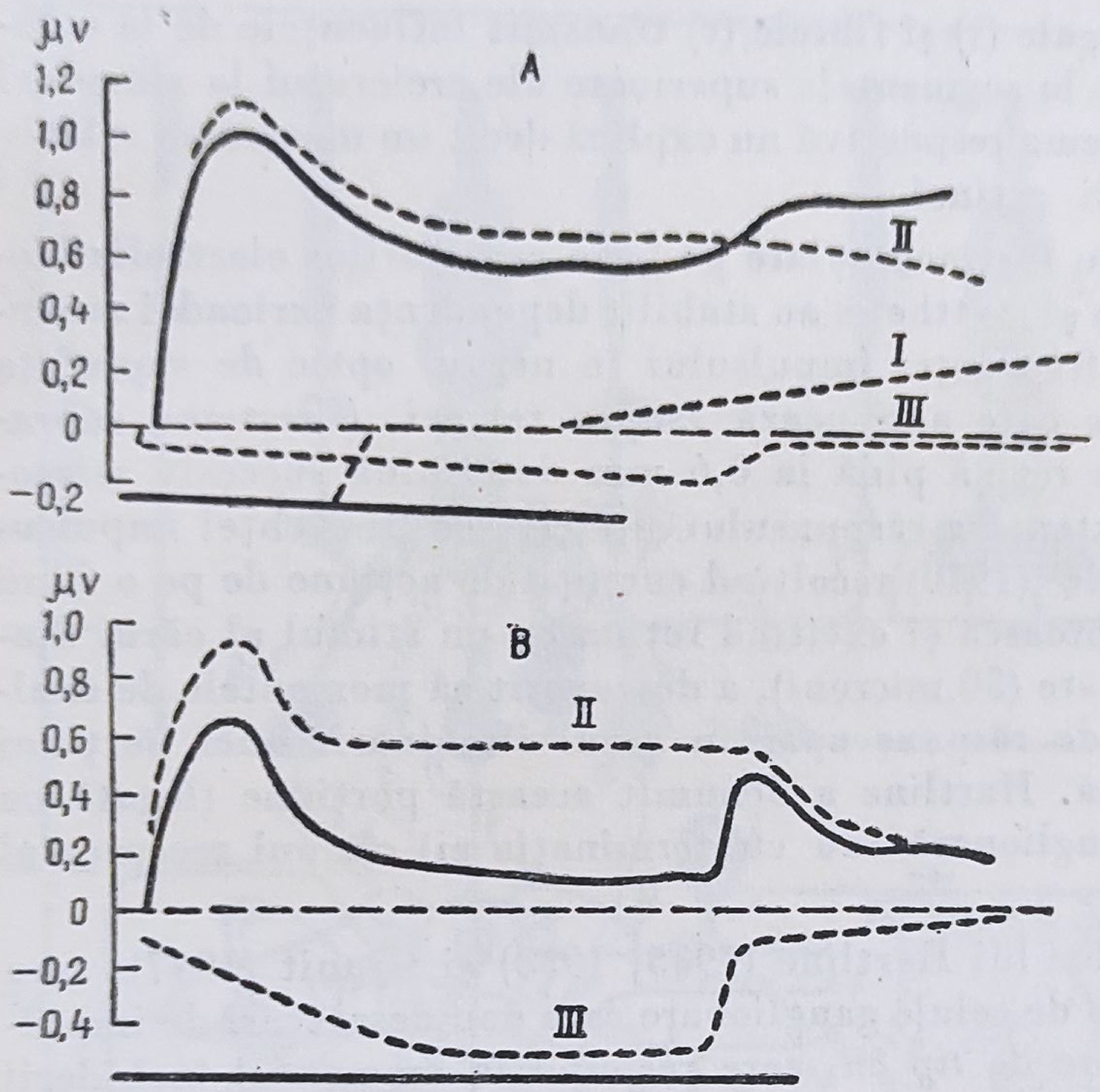


FIG. 10. *A.* ELECTRORETINOGRAMA OCHIULUI ADAPTAT LA ÎNTUNERIC; *B.* ELECTRORETINOGRAMA OCHIULUI ADAPTAT LA LUMINĂ (DUPĂ GRANIT ŞI RIDDELL)

Pe curba de sus există unda c, condiţionată de procesul I; pe curba de jos această undă lipseşte

deosebesc două tipuri de E.R.G.: tipul E, caracterizat printr-un efect slab şi lent la deschidere şi prin unda *a* puternic exprimată, şi tipul I în care predomină fenomenele de depresie.

Procesele fotochimice din retină. În timpul acţiunii luminii în retină are loc o serie de reacţii (modificări) biochimice esenţiale pentru efectuarea în continuare a actului recepţiei propriu-zise. Pentru prima dată, aceste procese au fost temeinic cercetate şi analizate de Wald (1935), cu ajutorul tehnicii spectrografice. Acest autor a reuşit să demonstreze că nu este vorba de transformări izolate şi sporadice, ci de un adevărat ciclu fotochimic alcătuit din trei reacţii principale. Prima este o reacţie rapidă care se desfăşoară după schema: rodopsină $\underset{\text{întuneric}}{\overset{\text{lumină}}{\rightleftarrows}}$ retinen + + proteină.

Purpura vizuală este o proteină conjugată, adică o moleculă de proteină care s-a unit cu un grup de pigment (retinen) şi este în legătură cu compuşii caratenului.

Atîta vreme cît nu este expusă la lumină, rodopsina rămîne stabilă. În momentul declanşării acţiunii luminii, ea începe să se decoloreze, ceea ce indică disocierea sa în proteine şi retinen. Înlocuirea luminii cu întunericul opreşte desfăşurarea procesului de disociere şi dă naştere la o reacţie de reconstituire a rodopsinei. Rapiditatea şi gradul descompunerii depind de intensitatea şi durata de acţiune a luminii. (De aceea, se presupune că faza respectivă stă la baza adaptării la lumină şi întuneric.) Esenţa celei de-a doua reacţii o constituie reducerea retinenului în vitamina A prin acţiunea conjugată a unei enzime şi a coenzimei DPN.

În sfîrşit, cea de-a treia este reacţia *termolabilă*, în care se regenerează rodopsina. Aici, vitamina A reprezintă o etapă intermediară.

Existenţa ciclului fotochimic dovedeşte că retina dispune, pe de o parte, de mecanisme speciale de transformare a codului informaţional extern în „limbajul" specific al analizatorului optic, iar pe de altă parte, că în operaţia de transformare sînt implicate schimburi şi deplasări energetice.

Specificitatea activităţii cîmpurilor receptoare. Retina poate fi socotită o structură complexă de unităţi funcţionale. Cele mai semnificative date în această direcţie le-a furnizat şcoala lui Granit, pe baza metodei electrofiziologice. Metoda comportă folosirea unei instalaţii fine care permite reglarea în limitele dorite a amplitudinii şi lungimii undelor electromagnetice (fig. 11). În retină, la nivelul celulelor foto-

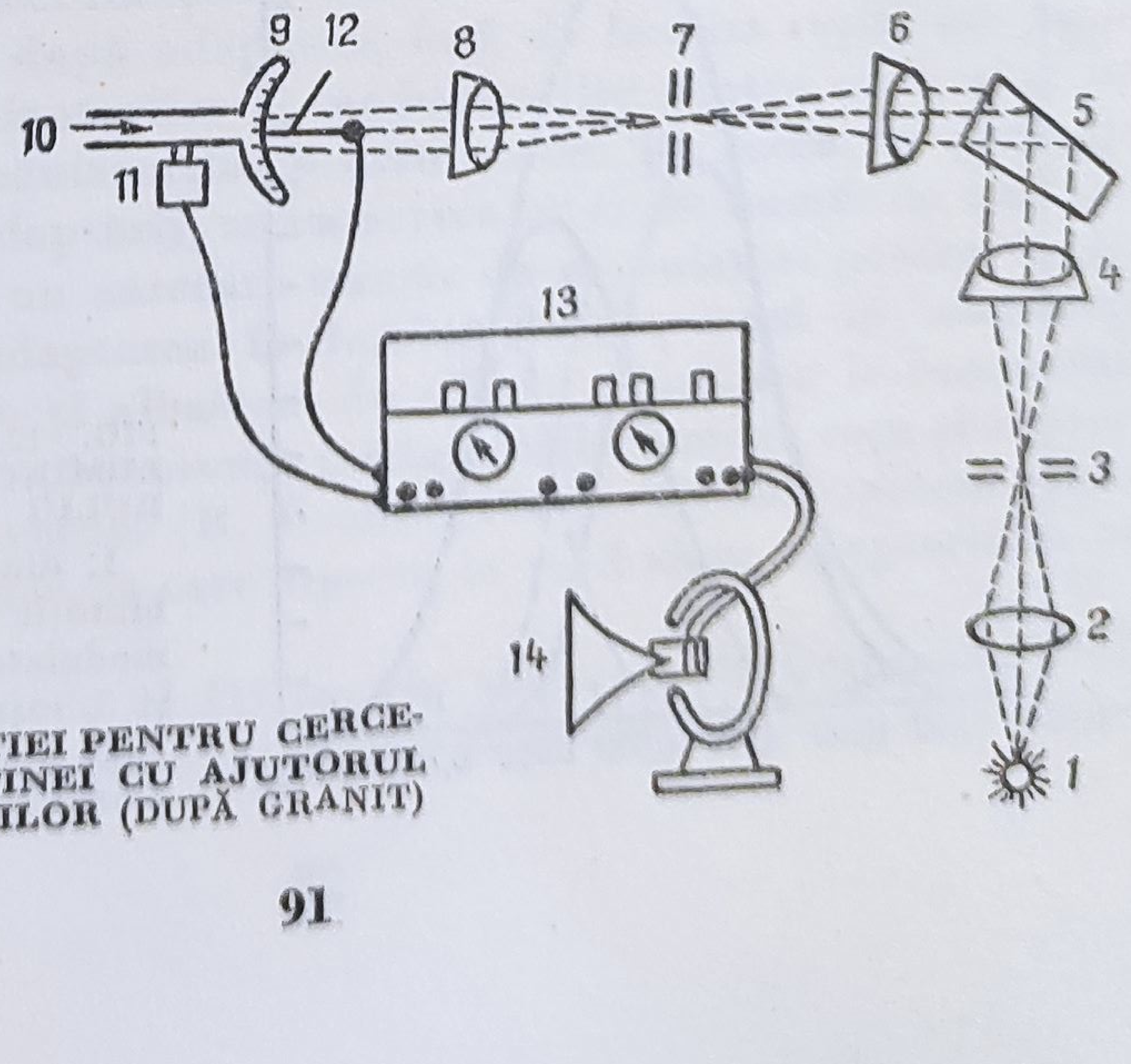


FIG. 11. SCHEMA INSTALAŢIEI PENTRU CERCETAREA FUNCŢIILOR RETINEI CU AJUTORUL MICROELECTROZILOR (DUPĂ GRANIT)

sensibile, se introduc microelectrozi, iar la nivelul nervului optic se fixează un electrod. S-au efectuat experimente de trei tipuri: 1) stimularea retinei cu un excitant luminos după o perioadă de adaptare prealabilă la întuneric; 2) stimularea cu lumină după adaptarea selectivă prealabilă la lumina de o anumită culoare; 3) stimularea cu lumină în timpul trecerii prin globul ocular a unui curent electric, într-o anumită direcție (R. Granit, 1945).

În primul caz, prin aplicarea microelectrodului pe retină s-a determinat cantitatea minimă de energie luminoasă care, la lungimea de undă dată, provoacă un efect înregistrabil cu ajutorul amplificatorului. Apoi, modificînd lungimea de undă, s-a determinat iarăși pragul. Reprezentînd grafic dependența mărimii pragului de lungimea undei a fost obținută curba sensibilității celor mai sensibile elemente (receptor și fibră nervoasă). Obținînd curba sensibilității, microelectrodul este mutat în alt loc al retinei și se repetă aceeași procedură de măsurare a pragurilor. Majoritatea curbelor obținute în felul acesta acoperă o fîșie întinsă a spectrului; ele au fost denumite de Granit curbele „dominatorilor" (fig. 12). Altele au un caracter diferit și acoperă numai o mică parte a spectrului; ele au fost denumite curbele „modulatorilor". Vîrfurile lor corespund aproximativ următoarelor lungimi de undă: 440, 460, 500, 580 și 600 mμ, adică celor trei segmente principale ale spectrului: albastru, verde, portocaliu (fig. 13).

Potrivit ipotezei emise de Granit, modulatorii sînt legați cu fibrele nervului optic în așa fel, încît formează trei sisteme de receptori și

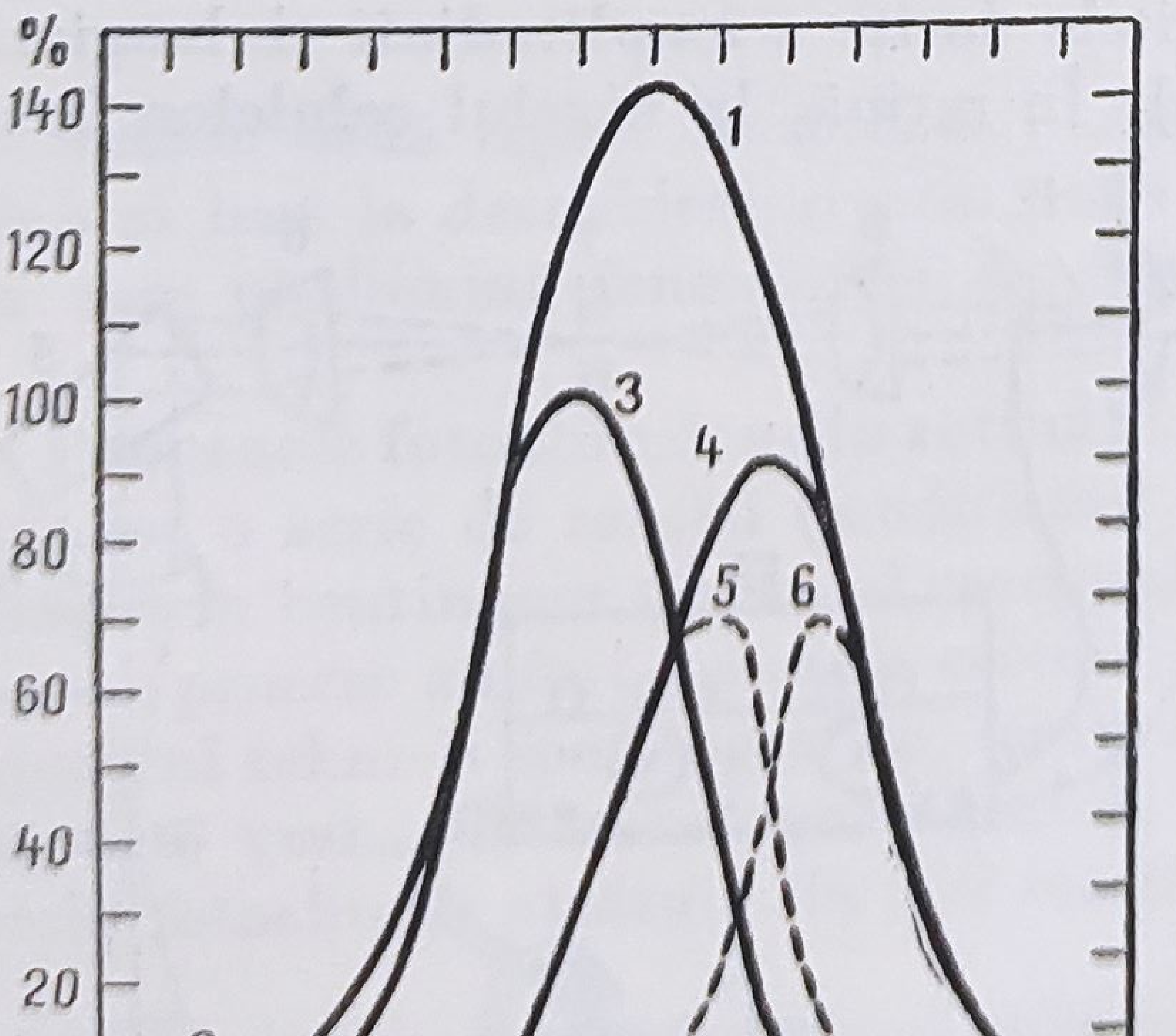
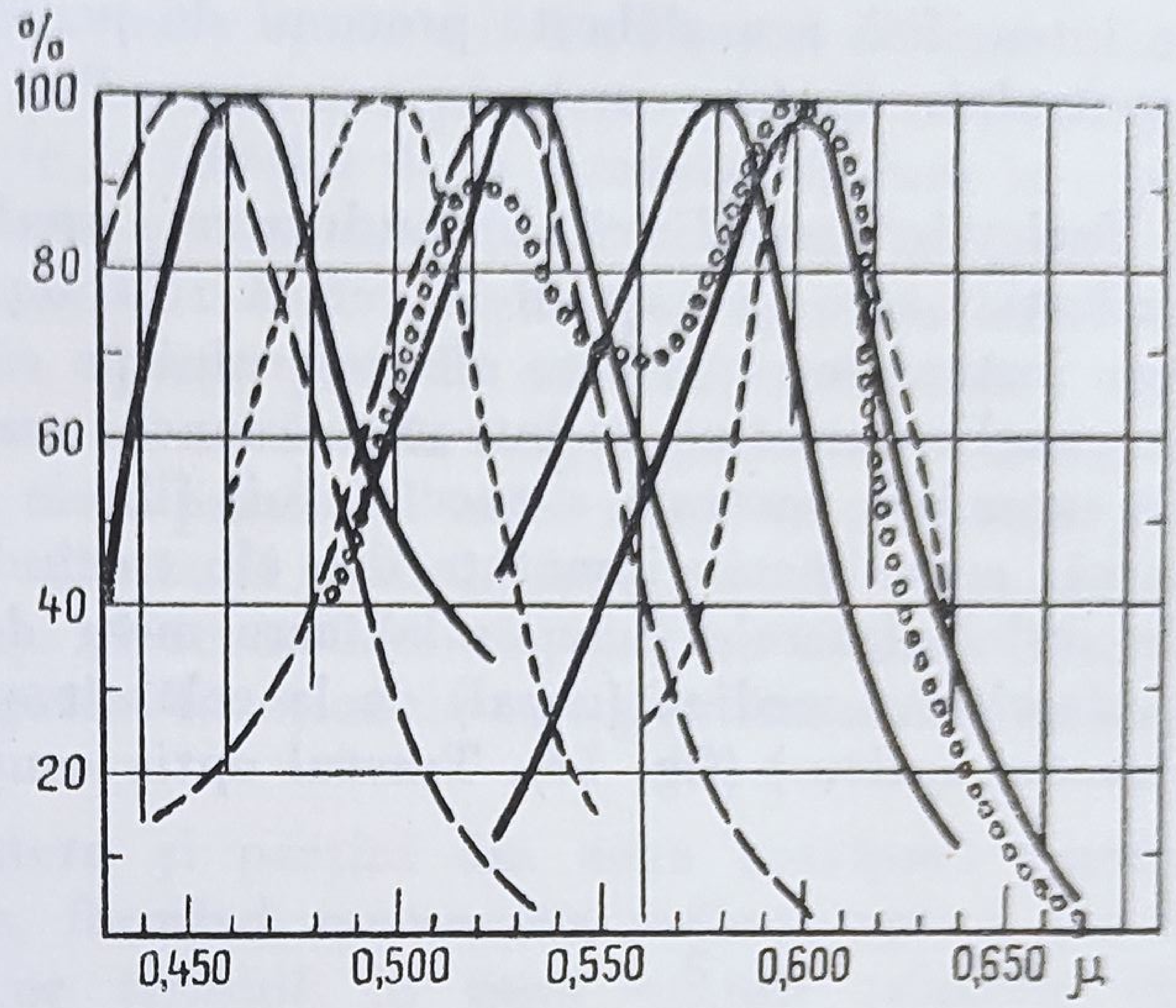


FIG. 12. CONSTRUIREA CURBEI LUMINOZITĂȚII DOMINATORULUI

1, din curbele de bază ale sensibilității ochiului omenesc pentru modulatorii de albastru; 2, verde; și 3, roșu; 4. Curba pentru culoarea roșie poate fi construită din curbele modulatorilor de galben 5. și roșu 6.

FIG. 13. CURBELE MODULATORILOR (DUPĂ GRANIT)



anume: a) sistemul receptor de undă lungă, care include modulatorii pentru portocaliu și galben; b) sistemul receptor de undă mijlocie, în care intră trei modulatori ai verdelui și c) sistemul receptor de unde scurte în care intră modulatorii pentru indigo și albastru.

Experimentele de tipul al doilea au pus în evidență raporturile dintre dominatori și modulatori în timpul acțiunii luminii de o anumită lungime de undă. Astfel, cînd ochiul este adaptat în mod selectiv la o lumină de o anumită lungime de undă, se inhibă temporar toți dominatorii împreună cu receptorii a căror curbă de sensibilitate corespunde, după lungimea de undă, cu lumina față de care s-a produs adaptarea. Din această cauză, în perioada scurtă imediat următoare, pot să răspundă la stimulare numai acei receptori care nu sînt impresionați de lumina de adaptare. De pildă, după adaptarea față de lumina roșie, are loc o inhibare a tuturor dominatorilor și modulatorilor pentru roșu, și chiar o oarecare frînare a modulatorilor pentru verde. De aceea, în perioada care urmează imediat adaptării, se va activa un mare număr de modulatori pentru albastru și un oarecare număr de modulatori pentru verde. Corespunzător, după adaptarea la lumină verde, intră în activitate modulatorii pentru roșu și albastru. În sfîrșit, adaptarea la lumina albastră va pune în evidență prezența modulatorilor pentru roșu și a cîtorva modulatori pentru verde. (R. Granit, 1945). Această ipoteză poate fi verificată pe animalele la care lipsesc în mod sigur receptorii de un anumit tip.

Experimentele de cel de al III-lea tip efectuate de Gernandt (1947) — au demonstrat că sub influența polarizării electrice-anodice și catodice —

se intensifică sau slăbește procesul de percepere a diferitelor fîșii ale spectrului.

Veriga intermediară (de conducere) a analizatorului vizual. Procesul excitației care ia naștere în retină sub acțiunea luminii este condus spre instanțele superioare ale creierului pe căile aferente. Axonii celulelor ganglionare se unesc într-un mănunchi masiv, formînd nervul optic. Pe suprafața ventrală a encefalului, fibrele nervilor optici se încrucișează, aproximativ jumătate din ele trecînd de partea opusă. Astfel, fascicolele laterale (temporale) care merg de aceeași parte, împreună cu fascicolul median (nazal) de la celălalt ochi formează tractul optic (tractus opticus) (fig. 14). Tractul optic conține în sine fibre nervoase

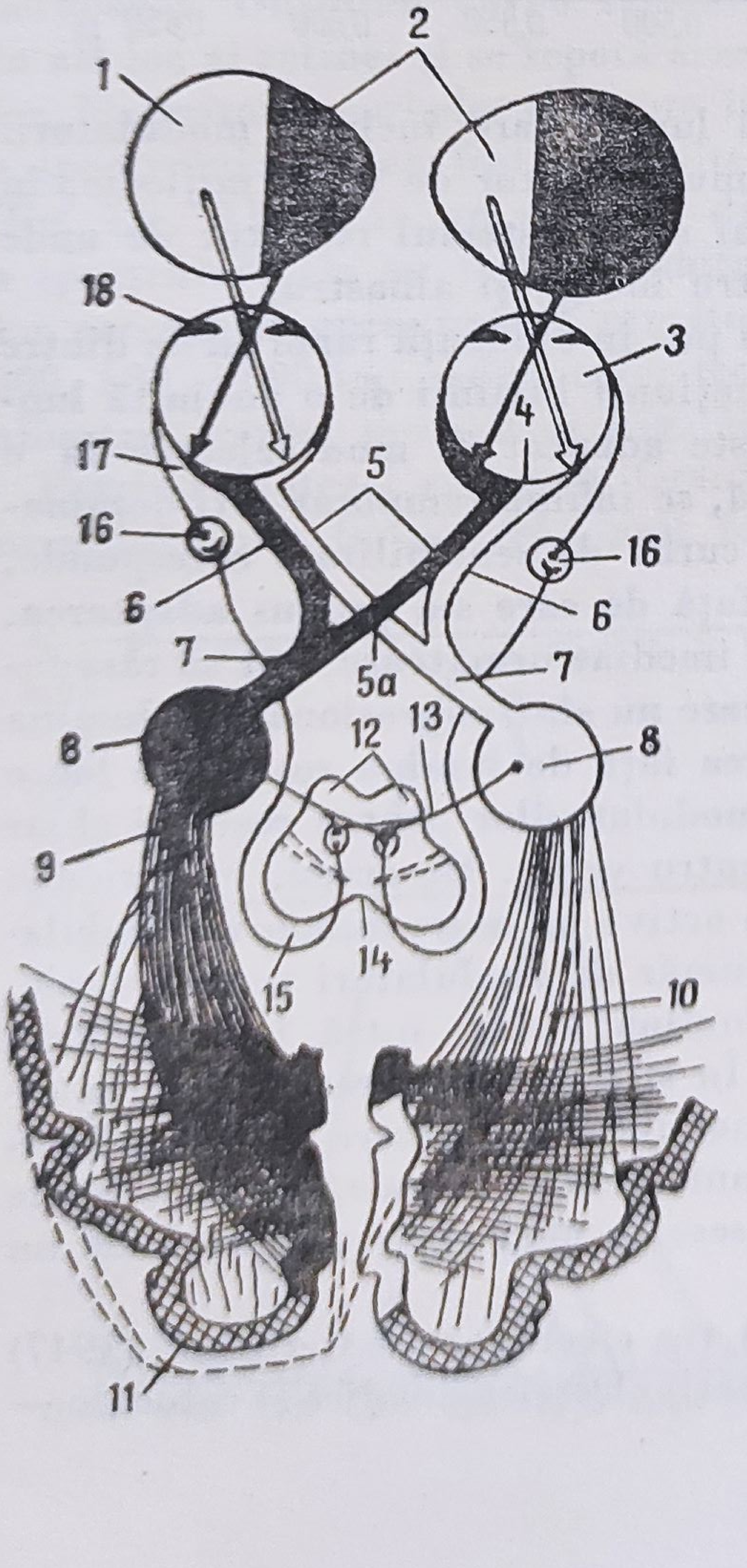


FIG. 14. SCHEMA CĂILOR AFERENTE ȘI A CENTRILOR SISTEMULUI VIZUAL

1. cîmpul vizual extern; 2. cîmpuri vizuale interne; 3. glob ocular; 4. retina; 5. nervul optic (fibrele care vin din jumătatea internă a retinei); 5 *a*. chiasma optică; 6. nervul optic (fibrele care vin din jumătatea laterală a retinei); 7. tractul optic; 8. formațiuni optice subcorticale; 9. cîmpul Wernicke; 10. radiația optică; 11. capătul cortical al analizatorului optic; 12. tuberculii quadrigemeni.

de la ambii ochi. Lezarea unui nerv optic, adică a fibrelor aferente înainte de încrucişare, duce la tulburarea sau pierderea vederii la un singur ochi; lezarea tractului optic (a fibrelor după încrucişare) duce la o tulburare specifică a vederii care poartă numele de *hemianopsie* (pierderea parţială a sensibilităţii la ambii ochi). Mergînd pe suprafaţa inferioară a encefalului, tractul optic ajunge pînă la creierul intermediar, unde cea mai mare parte a fibrelor se termină în corpul geniculat extern (corpus geniculatum laterale), iar o parte mai mică merge în porţiunea pulvinară a talamusului şi la tuberculii quadrigemeni superiori care reglează mişcările de convergenţă şi acomodare ale globilor oculari. Tractul optic are, de asemenea, legături funcţionale cu hipotalamusul şi creierul mijlociu.

Din corpul geniculat extern şi parţial din zona pulvinară pornesc spre scoarţă căile aferente, formînd aşa-numita radiaţie optică (fascicolul lui Gratiolet), care se termină în zona scizurii calcarine din lobul occipital (cîmpul 17, Brodmann).

Funcţia complexă a recepţiei vizuale (percepţia obiectelor, a raporturilor spaţiale, a mişcării) nu este posibilă în afara participării formaţiunii talamice (corpii geniculaţi externi). Altfel stau lucrurile cu perceperea stimulilor luminoşi simpli. Sesizarea oscilaţiilor în intensitatea luminii, diferenţierea luminii de întuneric se pot realiza şi numai cu participarea celorlalte formaţiuni subcorticale. Aceasta o dovedeşte restabilirea lor imediată, după lezarea corpilor geniculaţi externi.

O importanţă deosebită în cadrul verigii intermediare a analizatorului vizual trebuie acordată formaţiunii reticulate, căilor nespecifice de conducere a excitaţiei. Cercetările efectuate în acest sens (Jasper, 1956, 1958, Moruzzi şi Magoun, 1949, 1960, Albe-Fessard, Rougeul şi Mollart, 1960, Nonkaşvili, 1963, Sager şi col. 1965) au stabilit că lezarea sau deconectarea locală a F.R. fac imposibilă desfăşurarea procesului de recepţionare şi prelucrare a informaţiei. Nefiind diferenţiată pe modalităţi senzoriale, formaţiunea reticulată constituie în cadrul mecanismului specific al fiecărui analizator un comutator general care însă funcţionează adecvat semnificaţiei (luate în raport cu organismul ca întreg) a informaţiei transmise pe diferite canale de proiecţie.

Prin urmare, putem spune că veriga intermediară a sistemului vizual îndeplineşte nu numai un rol de conducere a impulsurilor specifice, ci centrii nervoşi corespunzători realizează o prelucrare şi o integrare a informaţiei, fără de care nu este posibilă elaborarea imaginii perceptive adecvate.

Veriga corticală a analizatorului vizual. De la nivelul talamusului pornesc fascicolele aferente de tip radiar, care transportă la scoarță codul nervos al stimulului specific. Ele se termină în lobul occipital, la nivelul ariei striate, unde se reprezintă după principiile proiecției topice partea centrală a retinei (cîmpul 17) și în jurul sulcului calcarin, unde sînt reprezentate părțile laterale (periferice) ale retinei.

Caracteristicile citoarhitectonice ale reprezentanței corticale ale sistemului vizual sînt următoarele: suprafață relativ limitată, densitate mare a elementelor celulare, dimensiuni celulare mici, slabă delimitare a stratului II de stratul III, densitate mare a stratului IV și delimitarea lui strictă de straturile învecinate, rarefierea stratului V și gruparea în coloane a straturilor VI și VII, delimitarea riguroasă a scoarței de substanța albă. (S. Sarkisov, 1964). În același timp, pe parcursul cîmpurilor se observă modificări de ordin cantitativ și calitativ ale acestor caracteristici. Cîmpul 17 se deosebește de celelalte cîmpuri — 18 și 19 — prin divizarea stratului IV în 3 substraturi și prezența la nivelul stratului IV a fîșiei albe a lui Gennari, din care cauză cîmpul respectiv a primit denumirea de *area striata*. Regiunile cîmpurilor 18 și 19 sînt ceva mai întinse, iar celulele lor sînt mai mari. În cîmpul 19 configurația radiară este mai pregnant pronunțată, stratul IV este mai puțin compact, iar stratul VI mai puțin dens. Între cîmpurile 18 și 19 există multe zone de acoperire reciprocă, din care cauză ele nu se pot delimita întotdeauna cu ușurință. (G. Poliakov, 1964).

Diversitatea arhitectonică a capătului cortical al sistemului vizual este pusă de mulți autori (Henschen, 1930, Chang, 1952, O'Leary, 1940, Penfield și Jasper, 1958, Poliakov, 1965) pe seama diviziunii funcționale a elementelor sale. Astfel împărțirea stratului IV în 3 substraturi ar fi în legătură cu percepția culorilor (la animalele cu sensibilitatea cromatică involuată stratul IV este omogen-compact). Freinberg (1953), cercetînd pe oameni modificările proceselor neurodinamice în timpul analizei culorii, a ajuns la concluzia că ele se realizează la nivelul ariei striate; analiza intensității culorii se realizează de către corpii geniculați externi. Excitarea cîmpurilor 18 și 19 provoacă fenomene de halucinații simple sau complexe, iar în unele cazuri — iluzii optice.

Penfield și Jasper (1958), în timpul operațiilor cu anestezie locală, excitînd cîmpul 17, au determinat la pacienți apariția unor imagini perceptive cromatice, modificări ale senzației de iluminat; excitarea cîmpurilor 18 și 19 a provocat apariția unor imagini perceptive cromatice și luminoase simple. Toate cercetările experimentale și clinice au arătat că percepția obiectuală se poate realiza numai prin participarea cîmpului 17.

Reprezentanța corticală a analizatorului vizual își desfășoară activitatea sa analitico-sintetică în strînsă interacțiune cu alte zone ale scoarței și, în primul rînd, cu cele din lobul temporal. Lezarea bilaterală a unor porțiuni ale lobului temporal a dus de fiecare dată la tulburări în sfera recepției vizuale (Mering, 1954, Pribram, 1956). Prin această interacțiune se asigură sistematizarea și integrarea experienței perceptive vizuale, care devine dominantă printre celelalte modalități.

3
Dinamica sensibilității luminoase

Prin sensibilitate luminoasă se înțelege capacitatea funcțională a ochiului de a înregistra și prelucra energia pe care o poartă în sine undele electromagnetice de diferite lungimi — ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots, \lambda_n$). Senzația de lumină este reflectarea acțiunii fascicolului radiant complex — adică alcătuit din unde de diferite lungimi. Asemenea fascicol se mai numește și lumină albă.

Asupra receptorului vizual pot acționa fie fascicole luminoase difuzate direct de la sursă, fie fascicole indirecte sau reflectate (de corpurile care nu posedă lumină proprie). Corespunzător, se va modifica și intensitatea excitării. Trebuie știut că energia electromagnetică nu este distribuită uniform pe toată întinderea spectrului. Distribuția ei spectrală este dată de formula: $f(\lambda) = \frac{\Delta F\lambda}{\Delta\lambda}$, unde $f(\lambda)$ = coeficientul de proporționalitate care se modifică de-a lungul spectrului (adică ia valori diferite pentru diferite lungimi de undă), $\Delta F\lambda$ = partea din torentul radiant care revine fîșiei corespunzătoare lungimii de undă date, $\Delta\lambda$ = lățimea fîșiei spectrale considerate. Înseamnă că fiecărei lungimi de undă îi este proprie o anumită cantitate sau energie luminoasă I, și, respectiv, o anumită vizibilitate V. Atunci, fascicolul luminos, din punct de vedere energetic, este determinat de suma energiilor undelor monocromatice, înmulțite cu coeficientul de vizibilitate: $I_F = M(I_1V_1 + I_2V_2 + I_3V_3 + , \ldots, + I_nV_n)$; (M = echivalentul luminos al forței). Retina posedă proprietatea de a însuma claritățile monocromatice și de a realiza ast-

fel procesul recepției luminii în sensul obişnuit al cuvîntului. (Aceasta se cheamă proprietatea adițiunii spectrale, şi nu o posedă orice aparat fotosensibil).

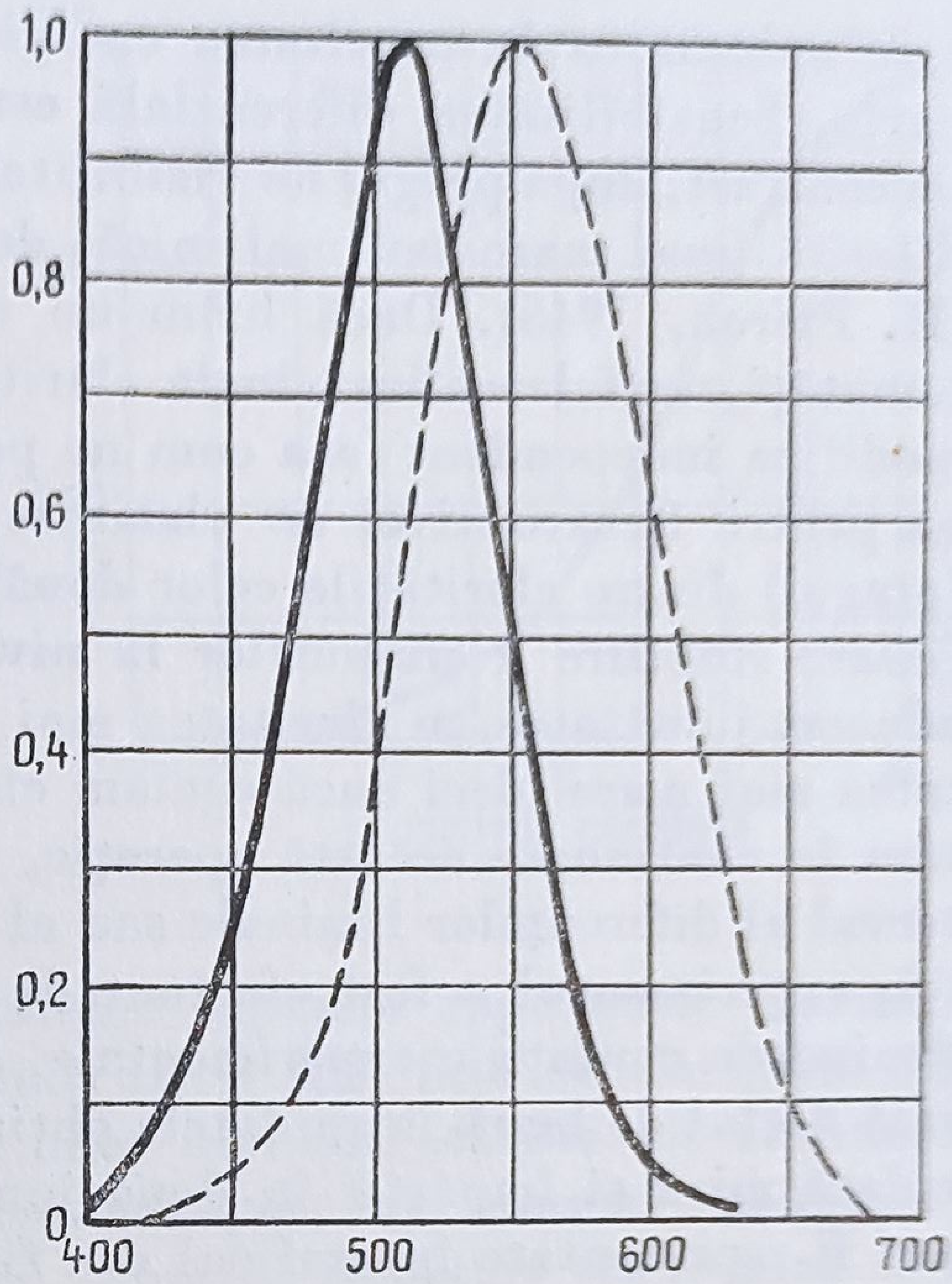
Intensitatea excitației depinde de suprafața stimulului — stimulul luminos acționînd asupra retinei se împrăştie în cuante pe o anumită suprafață. Retina realizează sumarea de o anumită intensitate. Cu cît este mai mare suprafața stimulului cu atît intensitatea necesară pentru a provoca o senzație luminoasă este mai mică. Această relație a fost stabilită încă în 1875 şi ea este cunoscută sub numele de legea lui Ricco: $I_{lim} \cdot S = const.$ Produsul din partea stîngă are sensul de mărime proporțională cu numărul cuantelor N care cad într-o anumită unitate convențională de timp. Relația de mai sus poate fi transcrisă ca $N = const.$ De aci deducem că efectul liminal este provocat de un anumit număr de cuante, independent de faptul cum sînt ele distribuite pe suprafața excitată. Capacitatea sumatorie nu este aceeaşi pe toată întinderea retinei; ea este mai mare în zonele periferice, unde poate atinge, în condiții de adaptare la întuneric, cîteva zeci de minute unghiulare. (Baumgardt, 1947, 1949, 1959, Bouman, 1950, Riopelle şi Kao, 1953, Oliva şi Aguilar, 1956, Glezer, 1959).

Întrucît între nivelul sensibilității şi mărimea pragurilor există un raport invers proporțional $\left(E = \frac{1}{I}\right)$ sensibilitatea luminoasă maximă a retinei o constatăm în condițiile de iluminat foarte slab sau de întuneric, iar cea mai scăzută — în condițiile unui iluminat foarte puternic—. Între cele două puncte extreme ea se poate modifica de peste 1 milion de ori. (S. V. Kravkov, 1932). În condițiile de întuneric, pentru a provoca o senzație luminoasă sînt suficiente doar 1—2 cuante la $\lambda = 510$ MM. (Welden H. A. van der 1946). Cantitatea energetică pragală poate lua însă valori şi mai mari, în funcție de nivelul anterior al sensibilității şi de timp; cu cît nivelul anterior al sensibilității este mai scăzut (ca urmare a acțiunii îndelungate a luminii), iar timpul de prezentare a stimulului mai scurt, cu atît valoarea energiei trebuie să crească. Dacă mărim intensitatea iluminatului de la nivelul la care obiectele sînt abia discriminabile (cum se întîmplă, de pildă, noaptea) pînă la iluminatul diurn obişnuit, intră dintr-odată în funcțiune aparatul conurilor (la aproximativ 1 lux) şi se trece la recepția cromatică. Aceasta înseamnă că apariția senzației luminoase la cantități infinitesimale de energie, de ordinul cuantelor, este legată de activitatea aparatului receptor al bastonaşelor.

În dependență de intensitatea iluminatului se modifică sensibilitatea față de lungimile de undă. Astfel, cînd acesta este slab, punctul maxim

FIG. 15. SENSIBILITATEA LUMINOASĂ RELATIVĂ A OCHIULUI (DUPĂ WEAVER)

Linia continuă pentru vederea scotopică, linia punctată pentru vederea fotopică.



al sensibilității vizuale se găsește în zona undelor scurte; cînd intensitatea luminii devine optimă, maximumul sensibilității se înregistrează în zona undelor lungi, (R. Granit, 1956). Corespunzător, în primul caz, vederea poartă numele de „*scotopică*”, iar în al doilea, de „fotopică”. Sensibilitatea relativă a ochiului față de lumina de diferite lungimi de undă, la o intensitate scăzută a iluminatului, este reprezentată în graficul din fig. 15.

Pe axul ordonatelor, pentru fiecare lungime de undă este consemnată o mărime care se află în raport invers cu cantitatea relativă de energie, care este necesară pentru obținerea, în cazul tuturor lungimilor de undă, a unei clarități constante, aproximativ aceeași. Pentru comparație, prin linia punctată este dată curba sensibilității pentru vederea normală sau „fotopică”. Din grafic deducem că dacă avem 2 obiecte, unul de culoare verde iar celălalt de culoare galbenă, care în condițiile iluminatului diurn au aceeași claritate, în condițiile iluminatului slab, primul va avea o claritate mai mare decît cel de-al doilea, deși se poate ca ambele să-și piardă tonul cromatic (devenind gri).

În ceea ce privește sensibilitatea diferențială, sistemul vizual ocupă primul loc în seria celorlalte modalități. Potrivit legii lui Weber-Fechner, valoarea pragului este 1/100. Aceasta înseamnă că pentru a determina o modificare abia sesizabilă a intensității senzației luminoase

este necesar ca la cantitatea energiei inițiale să mai adăugăm a suta parte. Sensibilitatea diferențială este adesea cercetată ca sensibilitate de contrast, după pragul de vizibilitate a unui cîmp avînd o luminozitate diferită (mai mare sau mai mică) de cea a fondului pe care este expus (H. Piéron, 1945). Dacă luăm un cîmp relativ mic, divizat în două jumătăți, astfel realizat încît claritatea fiecărei jumătăți să se poată modifica independent (așa cum ne permite fotometrul), putem determina pentru fiecare nivel de claritate prima diferență abia perceptibilă (pragul) dintre claritățile celor două jumătăți ale cîmpului. Dacă după fiecare stabilire a cîmpurilor la nivelul diferenței abia perceptibile, aducem jumătatea cu claritatea mai slabă la nivelul jumătății cu claritatea mai mare (deci dacă egalăm claritățile în sens ascendent) și repetăm în continuare această operație, ajungem să parcurgem întregul interval al diferențelor liminale sau al clarităților abia sesizabile. De altfel, experimentul a fost efectuat de mulți cercetători. Deși rezultatele depind de condițiile experimentale, există totuși o corespondență generală destul de bună între datele obținute. Pentru un cîmp de formă circulară mică și împărțit în două jumătăți pe direcție verticală, datele pot fi reprezentate în graficul din fig. 16. Pentru a putea cuprinde întregul registru al treptelor diferențiabile (care este de 1 000 000:1) s-a recurs la curba logaritmică. Scala logaritmică a intensităților (așa cum este dată pe axul absciselor în graficul 3) are avantajul că fiecare segment al ei exprimă un anumit raport al clarităților, independent de poziția pe care o ocupă. Distanța de la 1 la 2, pe scala logaritmică, reprezintă în intensități raportul 10, la fel ca și distanța de la 5 la 6.

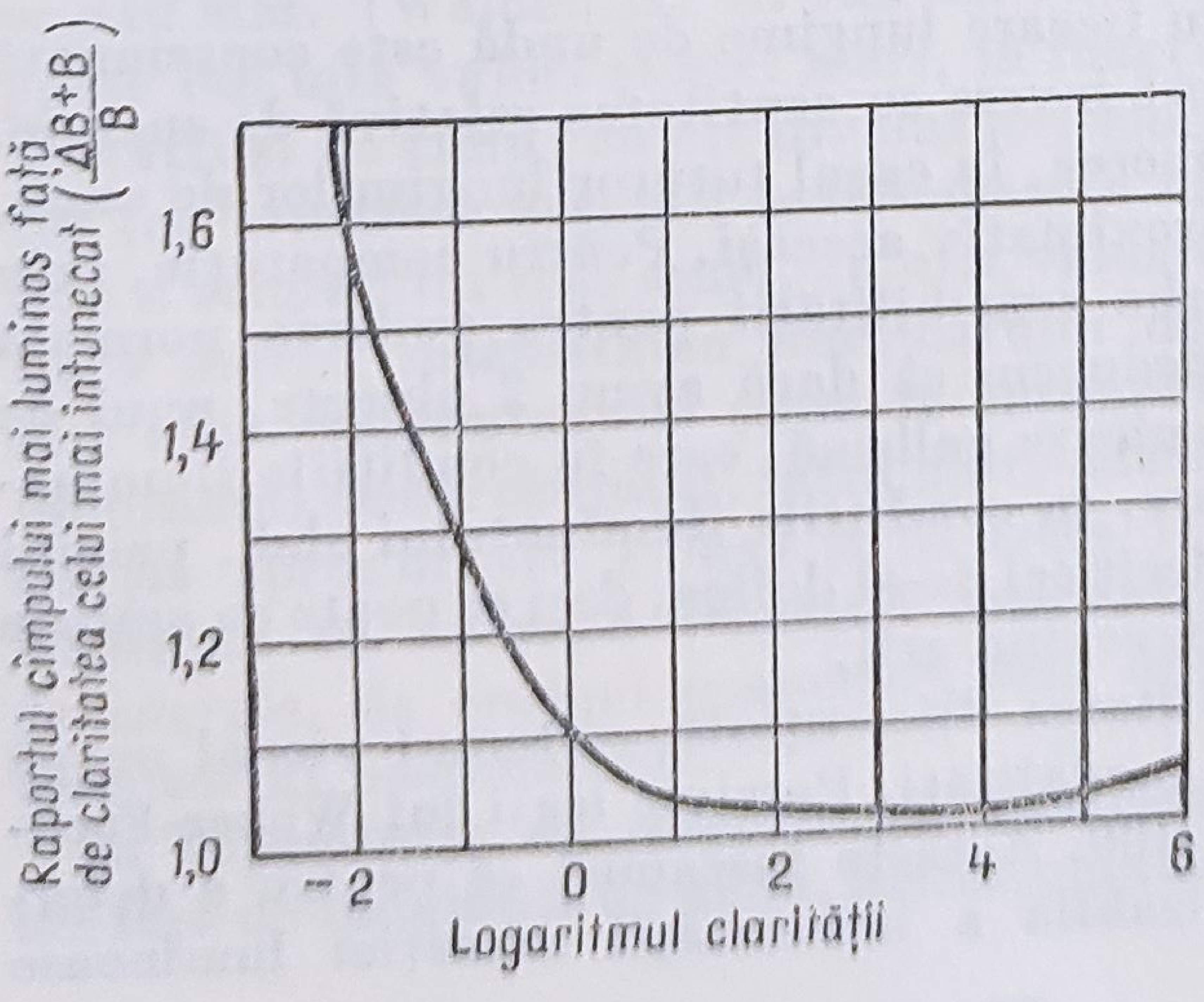
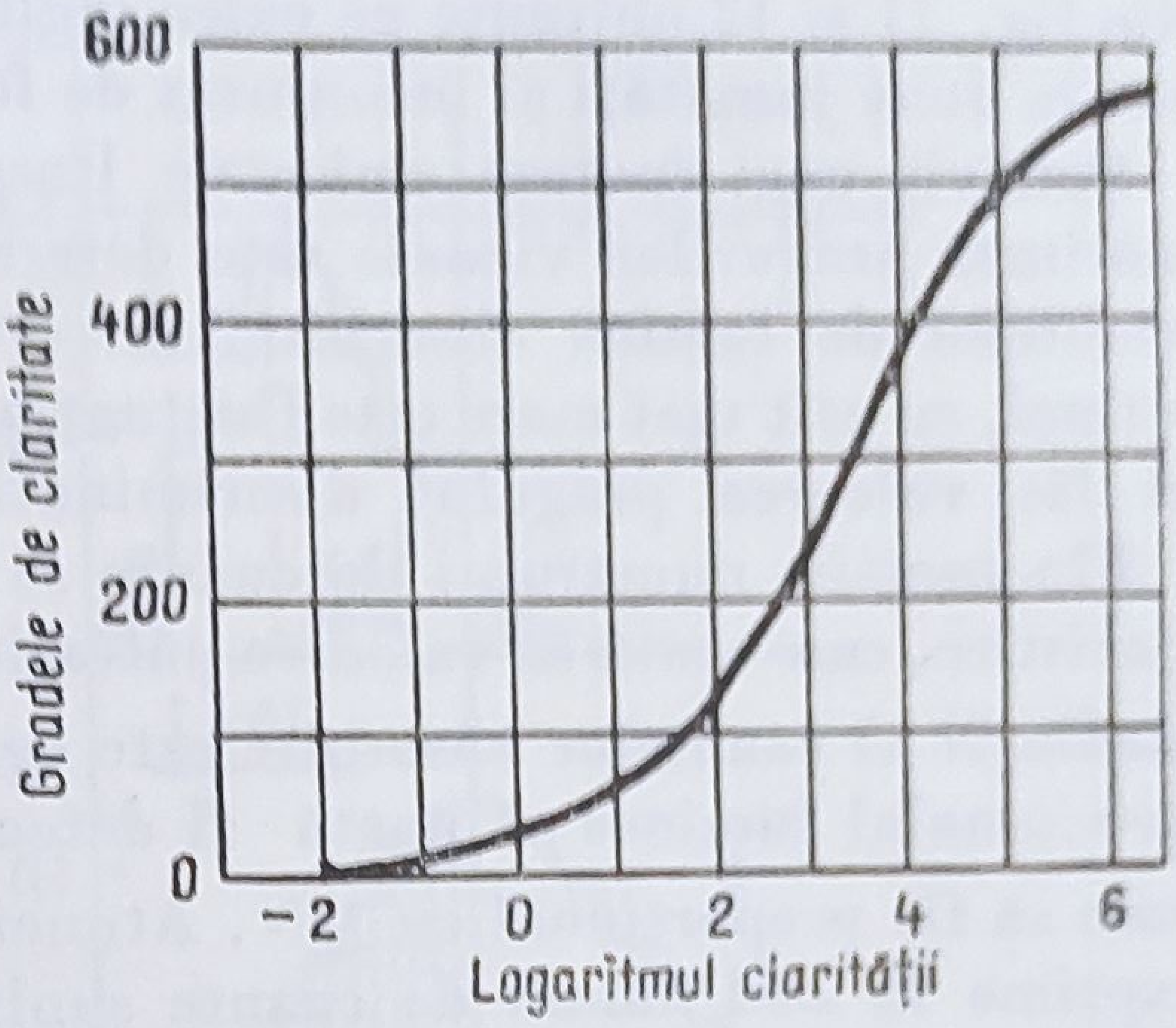


FIG. 16. MODIFICAREA RAPORTULUI DINTRE CALITĂȚILE A DOUĂ CÎMPURI TANGENȚIALE CARE SE DEOSEBESC DUPĂ CLARITATE CU O UNITATE ABIA PERCEPTIBILĂ, ÎN CONDIȚIILE DIFERITELOR INTENSITĂȚI DE LUMINĂ (DUPĂ TROLAND)

FIG. 17. NUMĂRUL TREPTELOR DIFERENȚIABILE ÎN CONDIȚIILE TRECERII LA CLARITATEA NULĂ CA FUNCȚIE DE CLARITATEA CÎMPULUI VIZUAL



Mărimile marcate pe axul ordonatelor exprimă raporturile clarităților abia estimabile ca fiind mai mari (B + ΔB) față de claritățile (B) cu care se compară ele. În cazul unor niveluri scăzute ale clarității, pentru descoperirea deosebirii se cere un raport mai mare al clarităților; apoi, pe măsura creșterii clarității, raportul respectiv scade pînă la o valoare relativ mică, care, practic, rămîne constantă un bun interval de timp, ca pe urmă, în zona intensităților mari, raportul să crească din nou. (Deci legea lui Weber-Fechner rămîne valabilă doar pentru intensitățile medii). Se poate afirma că aparatul vizual este mai sensibil față de intensitățile relative, decît față de cele absolute. Această particularitate este foarte importantă. Ea conferă recepției luminoase o oarecare constanță, absolut necesară în orientarea omului în lumea externă. Altminteri, orice modificare a iluminatului ar fi atras după sine o modificare serioasă a percepției clarității obiectelor.

Pornind de la ipoteza că ochiul nu percepe altceva decît cantitatea trecerilor abia sesizabile de la o intensitate la alta și că diferențele dintre intensități se apreciază în aceste mărimi, se poate construi o curbă care să exprime sensibilitatea diferențială a ochiului la diferite niveluri de intensitate. (fig. 17). Pe axul absciselor sînt dați logaritmii clarităților, iar pe cel al ordonatelor — cantitatea trecerilor diferențiabile de la fiecare nivel de claritate pînă la negru absolut*. Practic, într-o cameră iluminată, intervalul în care se inserează deosebirile de claritate existente este mult mai mic decît cel reprezentat în graficele

* Graficele de mai sus au la bază rezultatele obținute în experimentele cu un cîmp luminos limitat, înconjurat de un cîmp mai mare complet neluminat.

din fig. 11 și 12 obținute pe calea reglărilor succesive ale cîmpului divizat în două jumătăți și înconjurat de fond negru.

Potrivit unei ipoteze emise de Rose (1942, 1948) și Luizov (1951), mărimea pragurilor vizuale este determinată de fluctuațiile numărului cuantelor de lumină absorbite. Cu cît este mai puternică iluminarea retinei, cu atît mai mare este fluctuația și deci cu atît mai înaltă trebuie să fie valoarea pragului discriminativ ΔX.

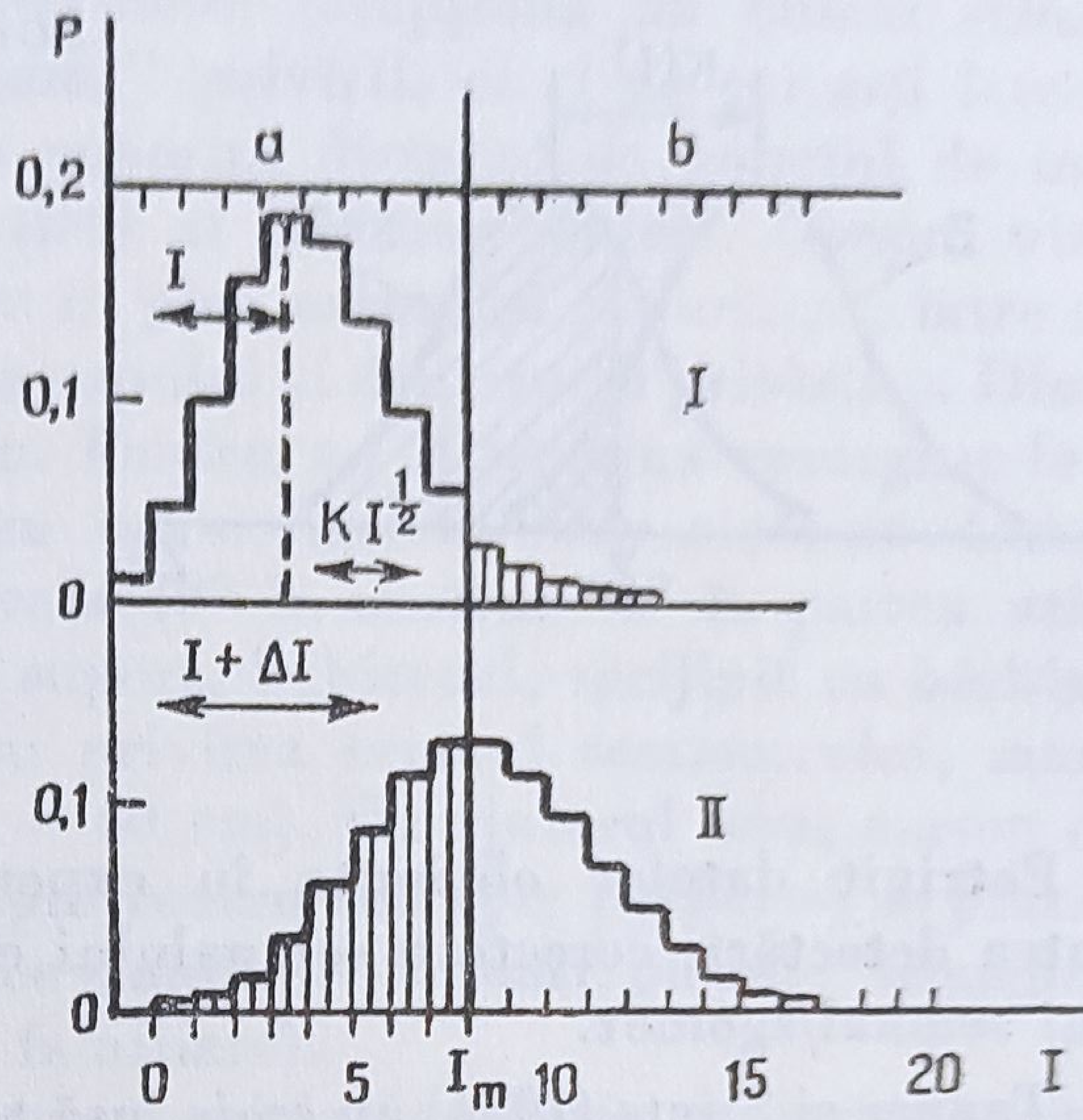
Fluctuațiile numărului de cuante se subordonează unei anumite legi statistice, care arată că valoarea pătratică medie a abaterii de la numărul mediu N al cuantelor absorbite este egală cu $\sqrt{N}$. Prin urmare, pentru ca semnalul luminos să poată fi detectat pe fondul fluctuant, el trebuie să fie proporțional cu $\sqrt{N}$. Atunci, pragul discriminativ s-ar putea exprima în acel număr de cuante suplimentare ΔN, care face posibilă relevarea semnalului luminos din fluctuațiile ce au loc în cadrul fondului luminos omogen, creat de numărul mediu de cuante. Valoarea lui ar fi: $\Delta x = KN^{1/2}$. Coeficientul de proporționalitate K determină siguranța desprinderii semnalului din fluctuații. Recte, cu cît K este mai mare, cu atît este mai mică probabilitatea că o oarecare valoare a fluctuației fondului va depăși nivelul liminal și va fi luată drept semnal. După teoria lui Rose și Luisov, în sistemul vizual mărimea lui K este constantă, adică raportul $\Delta N/\sqrt{N} \approx$ const.

Aguilar și Stiles (1954), efectuînd verificarea experimentală a teoriei fluctuației, și-au exprimat îndoiala în utilitatea ei pentru explicarea fenomenelor diferențierii în sistemul vizual. Dependența valorilor pragului discriminativ de claritatea fondului constatată de ei este departe de cea preconizată de Rose și Luizov.

Caracteristicile statistice ale pragurilor vizuale. Pragurile vizuale nu sînt imuabile, fixe, ci fluctuează continuu în jurul unei oarecare valori medii. În obținerea reprezentării despre caracterul statistic al lor se pornește de obicei de la neglijarea fluctuațiilor din canalele nervoase, admițîndu-se că ele sînt determinate integral de oscilațiile numărului cuantelor absorbite.

Presupunem că se determină existența (sau absența) stimulului luminos cu intensitate medie I_m pe fondul cu intensitatea medie If. Valorile momentane ale intensității fondului se modifică tot timpul. Ele oscilează în jurul valorii medii If. Probabilitatea abaterii valorii momentane de la If este determinată de legea lui Poisson. Această lege descrie distribuția evenimentelor puțin probabile, nelegate între ele, care apar în seria probelor independente de un oarecare număr finit de ori. Ea se

FIG. 18. DISTRIBUȚIA DENSITĂȚII PROBABILITĂȚILOR NUMĂRULUI DE CUANTE ABSORBITE ÎN CAZUL FONDULUI (I) ȘI ÎN CAZUL SUBFONDULUI (II) (DUPĂ BARLOW)



aplică la distribuția cuantelor absorbite în raport cu valoarea medie (Vavilov, 1936, Hecht, Schlaer, Pirenne, 1942, Pineghin, 1958, Swets, 1964). Valorile actuale ale stimulului prezentat fluctuează și ele dar în jurul valorii medii Im, subordonîndu-se aceleiași legi. (Curbele care corespund acestei legi sînt indicate în fig. 18). Să considerăm drept criteriu al detectării semnalului pe un fond nivelul intensității Io. Aceasta înseamnă că toate emisiunile cuantice care depășesc valoarea respectivă vor fi luate de către subiect ca semnale, indiferent dacă ele sînt provocate de acțiunea stimulului sau a zgomotului. Ca urmare, pot apare erori de două tipuri. Pe de o parte, în calitate de semnal poate fi luată fluctuația fondului care depășește Io. Probabilitatea acestui gen de erori este determinată de suprafața aflată sub curba distribuției densității probabilității fluctuației fondului care se situează în dreapta lui Io. Pe de altă parte, semnalul luminos, datorită fluctuației, poate deveni mai mic decît Io, fiind luat de către subiect drept fond. Probabilitatea acestor erori se determină de suprafața aflată sub curba distribuției densității fluctuațiilor stimulului luminos, situată în stînga lui Io.

Probabilitatea judecății corecte despre absența stimulului, atunci cînd el nu s-a dat, este egală cu suprafața de sub curba distribuției fluctuației fondului, din stînga lui Io.

În sfîrșit, probabilitatea judecății corecte despre prezența stimulului, atunci cînd el realmente a fost prezentat, corespunde suprafeței de sub curba distribuției fluctuațiilor stimulului luminos, situată în dreapta lui Io (Glezer și Tukkerman, 1961).

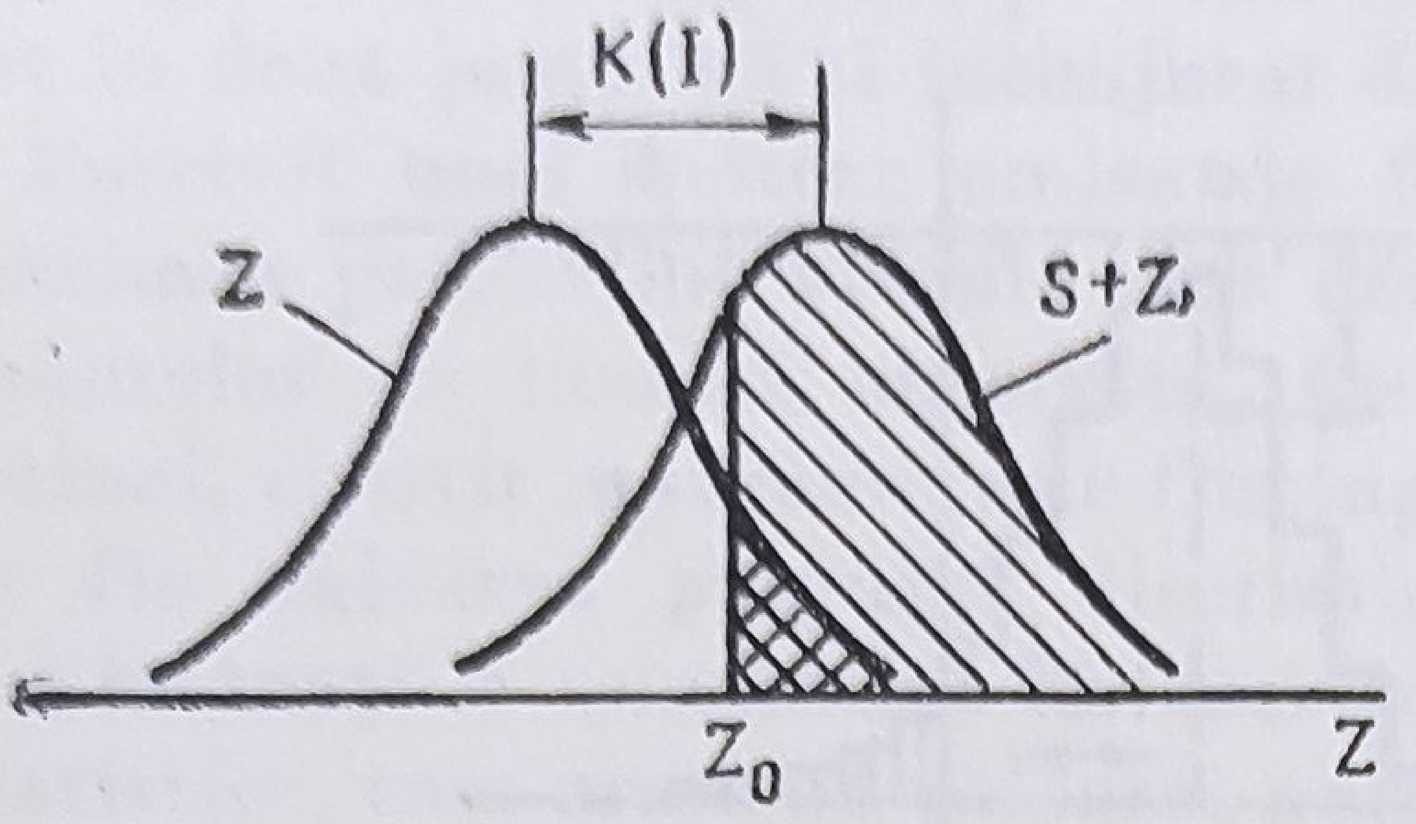


FIG. 19. MODELUL RELEVĂRII SEMNALULUI PE FONDUL ZGOMOTELOR ÎN SISTEMUL NERVOS

Potrivit datelor obținute în experimentele psihofizice, probabilitatea detectării corecte a semnalului crește odată cu creșterea raportului semnal/zgomot.

Tanner și Swets (1954) au emis însă teoria că, în determinarea pragurilor sensibilității vizuale trebuie să se ia în considerație nu numai fluctuațiile torentului cuantic, ci și fluctuațiile care se produc în canalele nervoase. Fig. 19 redă grafic principalele puncte ale acestei teorii (fig. 19). Aci se indică distribuția valorilor activității nervoase Z, la nivelul unde acționează mecanismul detectării semnalelor. Se presupune că acest mecanism se află în segmentul cortical al sistemului. Activismul nervos care se produce în cadrul său ar reprezenta tocmai mesajul despre semnalele intrate. Intensității date a semnalului îi corespunde o anumită distribuție a valorilor posibile ale activismului nervos. Apariția împrăștierii Z este condiționată de existența acestor zgomote în canalul nervos. Dacă nu ar exista aceste zgomote, atunci intensității date a stimulului luminos i-ar corespunde valoarea fixată a activității nervoase. Așadar, curba distribuției valorilor probabile ale activității nervoase care apare ca răspuns la aplicarea stimulului de o anumită intensitate exprimă un amestec al semnalului cu zgomotul (SZ). Curba din partea stîngă a desenului exprimă distribuția probabilității zgomotelor în absența semnalului (S). Pentru facilitarea analizei se presupune că aceste distribuții sînt normale și au aceeași abatere etalon. Pentru apreciere se introduce noțiunea de criteriu liminal Zo. Cînd valoarea lui Z depășește această mărime, ea este cotată de mecanismul detector al sistemului vizual ca semnal. Cu cît Z este mai mare, cu atît este mai mare probabilitatea detectării. Dacă stimulul acoperă N cîmpuri, ne putem aștepta la o micșorare a pragului de $\sqrt{N}$ ori. Astfel, valoarea pragului poate scădea pînă la 2 cuante, ceea ce înseamnă valoarea maximă a sensibilității luminoase.

Cîmpul vizual. Ochiul nostru poate recepţiona nu numai stimulii care se află nemijlocit în ,,centrul'' privirii, ci şi pe cei zişi laterali, adică aceia care se găsesc la o anumită distanţă de punctul de intersecţie a axilor orizontal şi vertical ai globilor oculari. Cîmpul vizual desemnează tocmai dimensiunile în plan orizontal şi vertical, între care se întinde vederea, fără mişcarea capului şi deplasarea privirilor. Dimensiunile lui se exprimă în grade. Pentru a-l determina recurgem la un aparat special numit perimetru optic. Acesta este alcătuit dintr-un semicerc metalic împărţit în grade (0° în centru, 90° în partea stîngă şi 90° în partea dreaptă) şi un suport. Subiectul, sprijinit cu bărbia de un suport, trebuie să fixeze cu privirea centrul semicercului, marcat printr-un punct alb. (Distanţa — 40 cm). Cu ajutorul unui cursor care se poate deplasa pe semicerc (spre centru sau spre periferie) se prezintă obiectul-stimul (figuri geometrice simple — cercuri, pătrate, triunghiuri sau imagini ale unor obiecte familiare).

Subiectul trebuie a) să relateze apariţia (respectiv dispariţia) pentru prima dată în cîmpul său de recepţie a stimulului şi b) să identifice stimulul. Corespunzător, am putea vorbi de determinarea a două tipuri ale cîmpului vizual: 1) cîmpul vizual al simplei sesizări şi 2) cîmpul vizual al discriminării (identificării). Primul este mai întins decît cel din urmă (fig. 20).

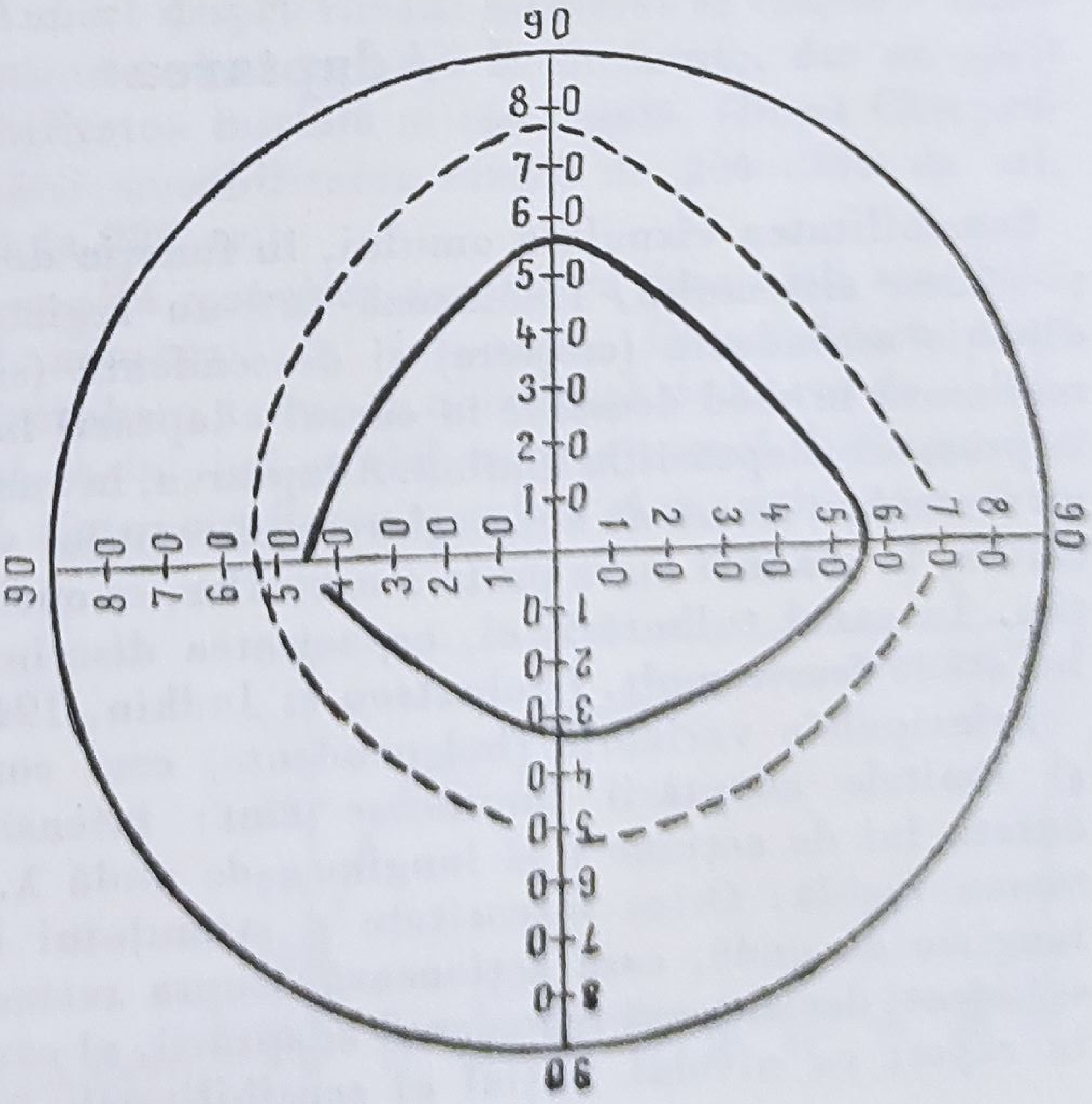


FIG. 20. DIAGRAMA CÎMPULUI VIZUAL

Măsurarea cîmpului vizual se poate face pentru un singur ochi (monocular) sau pentru ambii ochi simultan. Atît pe orizontală, cît și pe verticală, cîmpul binocular este mai întins decît cel monocular. În cazul măsurării monoculare, se constată o oarecare asimetrie și deosebire în întinderea cîmpului celor doi ochi (de obicei, cîmpul drept este mai întins decît cel stîng). Există o serie de particularități determinate de factorii psihofiziologici individuali. Cei mai importanți sînt profesia, sexul și vîrsta. Astfel, se pare că profesiile care solicită o distribuție mare a atenției (dispeceri la tablourile de comandă în întreprinderile automatizate, piloți, fotbaliști etc.) duc la o creștere peste medie a cîmpului vizual, în vreme ce profesiile care solicită o puternică concentrare sau interiorizare (calcul, desen tehnic, pictură, operații de precizie etc.) duc la o îngustare sub medie a acestuia (P. Popescu-Neveanu, 1966). În medie, femeile posedă un cîmp vizual mai întins decît bărbații, iar copiii mai întins decît adulții. La factorii menționați trebuie adăugați apoi și factorii temperamentali, tipologici: în general, tipii introvertiți au un cîmp mai redus, cei extrovertiți unul mai întins.

4
Adaptarea

Sensibilitatea vizuală a omului, în funcție de condițiile iluminatului și starea sistemului, fluctuează într-un registru foarte întins — în direcție ascendentă (creștere) și descendentă (scădere). Creșterea ei se realizează în mod deosebit în cursul adaptării la întuneric; scăderea — în procesul adaptării la lumină. Adaptarea, în ansamblu, reprezintă astfel un mecanism intern de autoreglare a sistemului vizual, prin intermediul căruia, în cea mai mare parte a cazurilor, se optimizează procesul recepției. În cazul tulburării ei, capacitatea discriminatorie a analizatorului scade foarte mult. (Robertson și Judkin, 1944, Judkin, 1945).

Principalele variabile (independente) care condiționează rapiditatea și limitele adaptării luminoase sînt: intensitatea stimulului — I, durata lui de acțiune t și lungimea de undă λ. Putem formula următoarea regulă: Orice intensitate a stimulului luminos de o anumită lungime de undă, care acționează asupra retinei un interval de timp suficient, declanșează fenomenul adaptării, al cărui caracter se va defini în raport cu nivelul inițial al sensibilității. Notînd cu Ao — efectul

adaptării şi cu Eo — nivelul iniţial al sensibilităţii, vom obţine relaţia $Ao = f(I, t, \lambda, Eo)$. Prin urmare, dinamica adaptării este exprimată de o ecuaţie nelineară.

Fenomenul adaptării a fost cercetat în legătură cu cele două forme ale sensibilităţii vizuale: *nocturnă* şi *diurnă*. Experimentele efectuate au vizat însă mai mult adaptarea la întuneric şi cu precădere dinamica sensibilităţii aparatului bastonaşelor. Cel care a supus pentru prima dată unei măsurări riguroase modificările sensibilităţii vizuale în condiţii de întuneric a fost Aubert (1865), care a introdus şi termenul de „adaptare". Pe baza rezultatelor măsurătorilor întreprinse, Aubert formulează următoarele legi (care-i poartă şi numele):

1. Procesul adaptării la întuneric se desfăşoară foarte repede în primele 10 minute; după acest interval apare încetinirea ritmului de creştere a sensibilităţii; punctul maxim sensibilitatea îl atinge după 2 ore de adaptare la întuneric.
2. Sensibilitatea maximă este egală cu al 35—lea multiplu al valorii ei iniţiale.

Transpunînd grafic valorile cifrice, Aubert a obţinut curba adaptării la întuneric (fig. 21). Prin segmente de aceeaşi mărime el a reprezentat valori diferite ale sensibilităţii. Segmentele sînt considerate proporţionale logaritmilor sensibilităţilor. Charpentier (1896) şi Treitel (1887) au confirmat regula lui Aubert despre ritmul accelerat al creşterii sensibilităţii în primele 10 minute ale adaptării la întuneric, dar au găsit alte corelaţii între sensibilitatea iniţială şi cea finală. (După Charpentier, la sfîrşitul adapatării sensibilitatea creşte de 200—300 de ori, iar după Treitel — pînă la 728 ori).

În 1903, Piper reia cu o altă metodică cercetarea dinamicii sensibilităţii vizuale în timpul adaptării la întuneric. Obiectul-test avea 10 cm în diametru. Subiectul era aşezat la o distanţă de 30 cm de obiectul-test. Claritatea sursei de lumină se slăbea cu ajutorul diafragmelor şi fotofiltrelor. Raportul dintre claritatea maximă şi cea minimă a cîm-

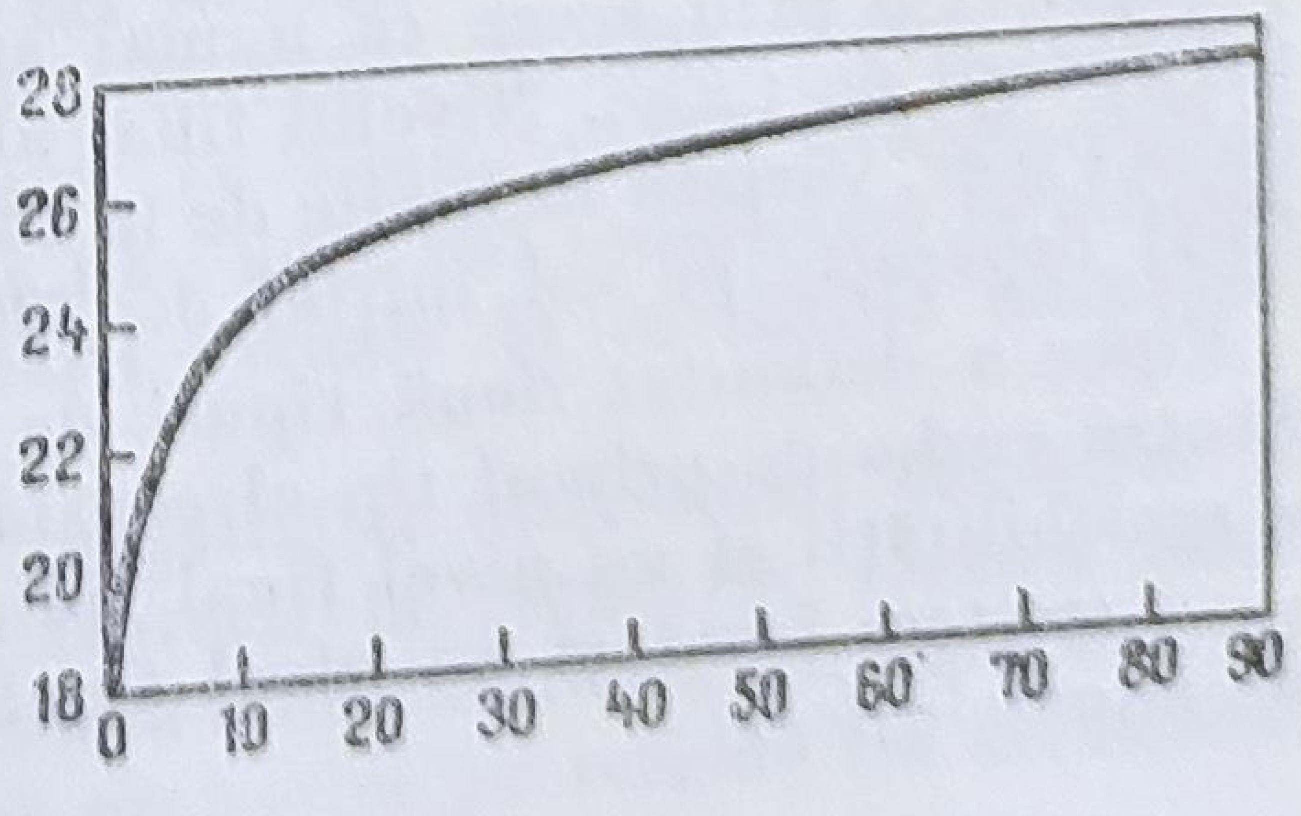


FIG. 21. CURBA ADAPTĂRII LA ÎNTUNERIC (DUPĂ AUBERT)

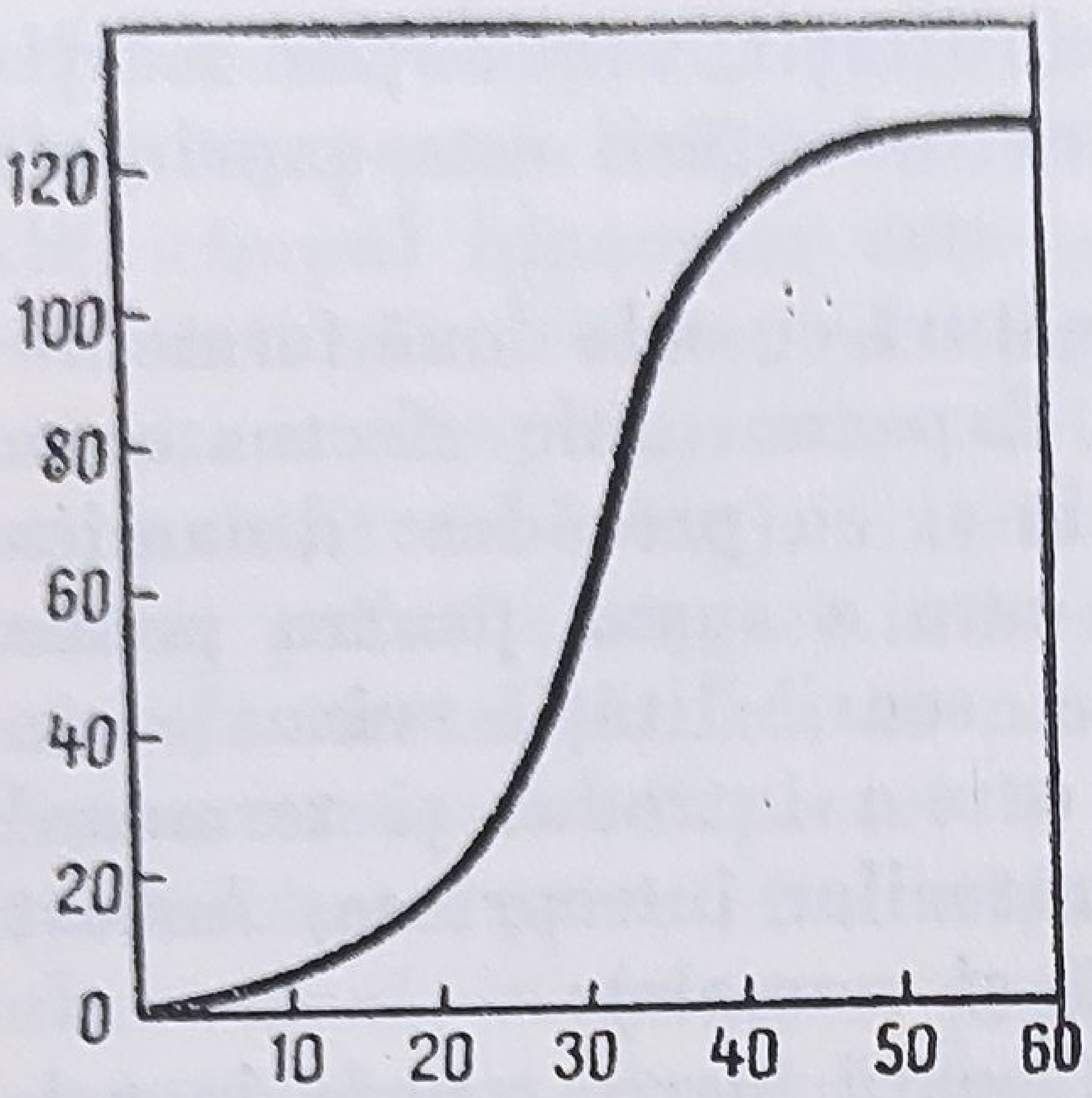


FIG. 22. CURBA ADAPTĂRII LA ÎNTUNERIC (DUPĂ PIPER)

pului iluminat al adaptometrului era de 400 000:1. Pragurile sensibilității se măsurau după fiecare cîteva minute, durata totală a experimentului fiind de 40—60 minute. Ca unitate de măsură a sensibilității s-a luat o mărime convențională și toate calculele s-au efectuat prin raportarea la ea. Inițial, s-a considerat sensibilitatea stabilită după 2—4 minute de ședere a subiectului în întuneric. Datele obținute au fost reprezentate grafic (fig. 22). Pe axul absciselor este marcat timpul în minute, iar pe cel al ordonatelor — valorile sensibilității. (Rezultă deci o curbă geometrică). Un segment al ordonatelor exprimă mai multe valori ale sensibilității (altminteri, curba nu s-ar fi putut realiza la dimensiuni atît de limitate). Construite după scara diferenței progresiei aritmetice, curbele lui Piper prezintă două salturi: primul în intervalul cuprins între 10 și 12 minute, iar al doilea în intervalul dintre 30 și 45 minute. Pînă la minutul al 10-lea, creșterea curbei sensibilității merge lin, apoi se frînge brusc, îndreptîndu-se abrupt în sus; în sfîrșit, după 30—45 minute ea capătă o direcție aproape orizontală. Pe această bază, Piper a dedus că în primele 10—12 minute de ședere în întuneric, adaptarea se desfășoară lent, creșterea ei rapidă observîndu-se între minutul 15 și 40. Creșterea bruscă a adaptării în minutul 12 el a explicat-o prin aceea că numai atunci ar intra în funcțiune aparatul vederii nocturne. Nivelul final al sensibilității la diferite persoane, după Piper, variază în limite de la 1418 pînă la 8396 unități, iar nivelul final depășește pe cel inițial de 3000 — 8000 ori.

Piper a delimitat două tipuri de curbe ale adaptării la întuneric. Pentru curba de primul tip el considera caracteristică creșterea rapidă a sensibilității și un nivel final ridicat; pentru cea de tipul al doilea — o creștere lentă și un nivel final relativ scăzut. Piper formulează următoarele legi:

1. Sensibilitatea față de lumină, în cazul testării binoculare, este aproape de 2 ori mai mare decît aceea care se constată în testarea monoculară;

2. Nivelul pragului senzației luminoase depinde de mărimea suprafeței sursei de lumină și este direct proporțional cu rădăcina pătrată a mărimii imaginii obiectului pe retină.

Unii autori contestă veracitatea primei legi, iar celei de a doua i se recunoaște doar o valabilitate relativă.

Deosebirile valorice dintre rezultatele lui Aubert și cele ale lui Piper se explică în esență prin caracterul diferit al scărilor de reprezentare grafică: Aubert a obținut o curbă logaritmică, iar Piper — una geometrică.

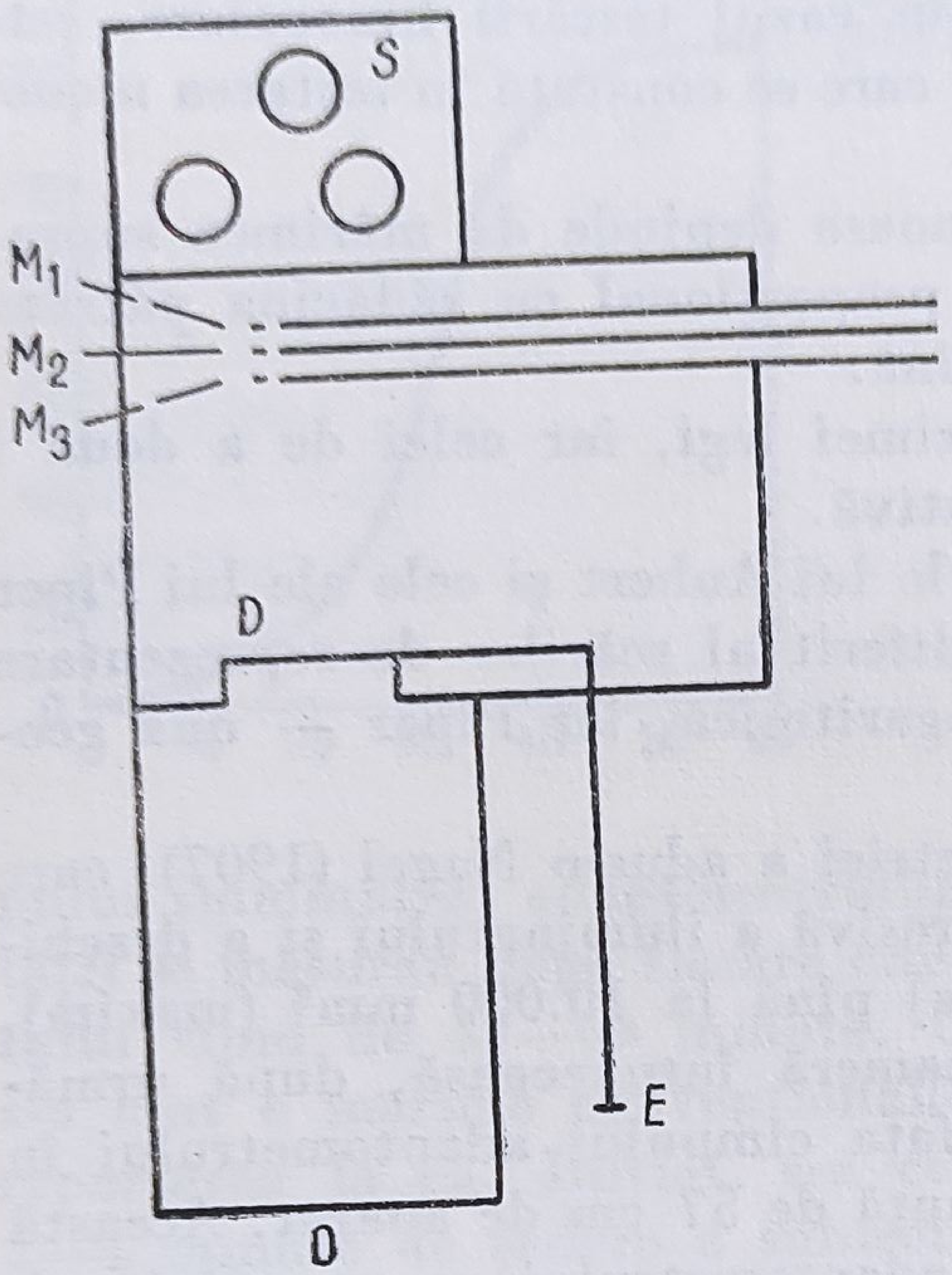
O perfecționare a tehnicii adaptometriei a adus-o Nagel (1907), care introduce unele verigi de reglare progresivă a iluminatului și a deschiderii diafragmei de la 1 mm^2 (minim) pînă la 10.000 mm^2 (maxim). Experimentele se desfășoară într-o cameră întunecoasă, după următorul model: subiectul se așază în fața cîmpului adaptometrului în așa fel, încît ochii săi să fie la o distanță de 57 cm de aparat. Această condiție o dată îndeplinită, cîmpul adaptometrului se va privi sub un unghi de 10°. De obicei, în marginea de sus a cîmpului vizual se stabilește un beculeț roșu (punct de fixare), la care subiectul trebuie să privească în timpul determinării pragului senzației luminoase. Fixînd cu privirea punctul roșu, subiectul expune acțiunii excitantului luminos, care pornește din adaptometru, zona maximei sensibilități (față de lumină) a retinei.

Schimbînd punctul de fixare, se poate testa și altă zonă a retinei. Apoi se procedează la determinarea iluminatului minim (diferențiabil) al cîmpului adaptometrului. Aceasta se realizează luînd în considerare gradul deschiderii diafragmei și numărul voalatorilor conectați în momentul cînd claritatea începe să fie abia sesizată sau cînd senzația ei abia începe să dispară (pragul apariției și pragul dispariției) (fig. 23 reprezintă schema adaptometrului lui Nagel).

Cercetările efectuate ulterior (Hecht, 1920; Kravkov, 1935; Hecht și Mandelbaum, 1939; Mandelbaum și Minz, 1942; Granit, 1947; Hartridge, 1950; Korobko, 1958 ș.a.) au adus noi completări la tabloul general al modificărilor sensibilității vizuale în condițiile adaptării la întuneric.

Astfel, s-a stabilit că datorită inegalității distribuției conurilor și bastonașelor în retină, curbele adaptării la întuneric variază mult după formă, în dependență de suprafața obiectului-test, iar dacă aceasta este mică, în dependență de locul proiecției pe retină. De asemenea,

FIG. 23. SCHEMA ADAPTAMETRULUI LUI NAGEL



curba respectivă depinde de nivelul iluminatului în perioada de dinaintea adaptării, de durata acestei perioade și de fîșia spectrală folosită.

Adaptarea la lumină nu a fost cercetată sistematic. Concluzii asupra desfășurării ei s-au tras cu precădere pe baza experimentelor asupra adaptării la întuneric. Faptul cel mai important care merită subliniat este acela că scăderea sensibilității în condițiile trecerii de la întuneric la lumină se produce mult mai repede (în decurs de cîteva minute, uneori chiar secunde) decît creșterea ei în întuneric. În timpul zilei, adaptarea la lumină se produce de cîteva ori, modificîndu-se în mod corespunzător și valorile pragurilor.

În procesul adaptării sensibilității luminoase un rol important se acordă vitaminei A care asigură restabilirea purpurului vizual. În cazurile avitaminozei A se constată o serioasă dereglare a adaptării la întuneric. (Robertson și Judkin, 1944). Administrarea vitaminei A determină o îmbunățire a adaptării la întuneric. Nu s-a putut stabili efectul precis și al altor factori: oxigenul, glucoza (Mc Farland și Forbes, 1940), presiunea mecanică a globilor oculari (Craik și Vernon, 1941), substanțe farmaceutice ca, fenamina, strignina, cafeina, morfina și luminalul (Mandelbaum, 1941). La persoanele în vîrstă, adaptarea la întuneric se înrăutățește considerabil. Slăbirea ei se constată, de asemenea, în cazurile de miopie accentuată, glaucom, degenerare retiniană (Herman, 1941).

În ciuda numeroaselor cercetări experimentale, în privința mecanismelor adaptării sensibilității luminoase s-au stabilit destul de puține date. La ora actuală, există două teorii care pretind la explicația fenomenului. Potrivit primei teorii, fenomenele adaptării au un caracter pur fotochimic; cea de a doua, susține că adaptarea se datorește parțial proceselor fotochimice, parțial proceselor nervoase. (Hecht este partizanul convins al primei teorii, Elsberg și Spotnitz ai celei de-a doua). Dacă s-ar fi reușit să se demonstreze clar că adaptarea luminoasă a unui ochi influențează asupra sensibilității liminale sau asupra vitezei de restabilire a ei în celălalt ochi, atunci participarea factorului nervos nu ar mai fi putut fi pusă la îndoială.

Cercetările efectuate în laboratorul lui Kravkov (1950) au stabilit că în timpul adaptării la întuneric mobilitatea funcțională a segmentelor nervoase ale analizatorului vizual, spre deosebire de excitabilitatea lor, nu numai că nu scade, dar dimpotrivă, crește într-o anumită măsură.

Pe baza datelor clinice, A. I. Rudnik (1948) a emis ipoteza despre rolul predominant al centrilor subcorticali în procesul adaptării la întuneric: 1) în cazul traumatismelor ascunse ale craniului, cu toate că scoarța este „deprimată", nu se constată scăderea excitabilității electrice a analizatorului vizual; 2) creșterea considerabilă a excitabilității electrice a analizatorului vizual în timpul excitării regiunii subcorticale. Acestei ipoteze i se pot aduce însă următoarele obiecții: 1) concluziile se bazează numai pe relevarea fenomenului de fosfen (care apare sub influența excitantului nespecific); 2) nu toate datele pe care se întemeiază au fost confirmate experimental.

Participarea scoarței cerebrale în modificarea dinamicii sensibilității vizuale nu poate fi contestată. Ea decurge dintr-o serie de fapte certe. Iată cîteva mai semnificative: 1) scăderea sensibilității liminare față de lumină în timpul rezolvării unor probleme mintale (de pildă, calcule matematice): cu cît aceste sarcini reclamă o încordare mai mare, cu atît scăderea sensibilității luminoase este mai accentuată; 2) posibilitatea de condiționare a modificărilor sensibilității (așa-numitele reflexe senzoriale, special cercetate de Dolin, Kékceev ș.a.); 3) influența celui de-al doilea sistem de semnalizare asupra nivelului sensibilității luminoase; 4) în sfîrșit, existența fibrelor centrifuge, care pornesc de la scoarță și ajung pînă la retină.

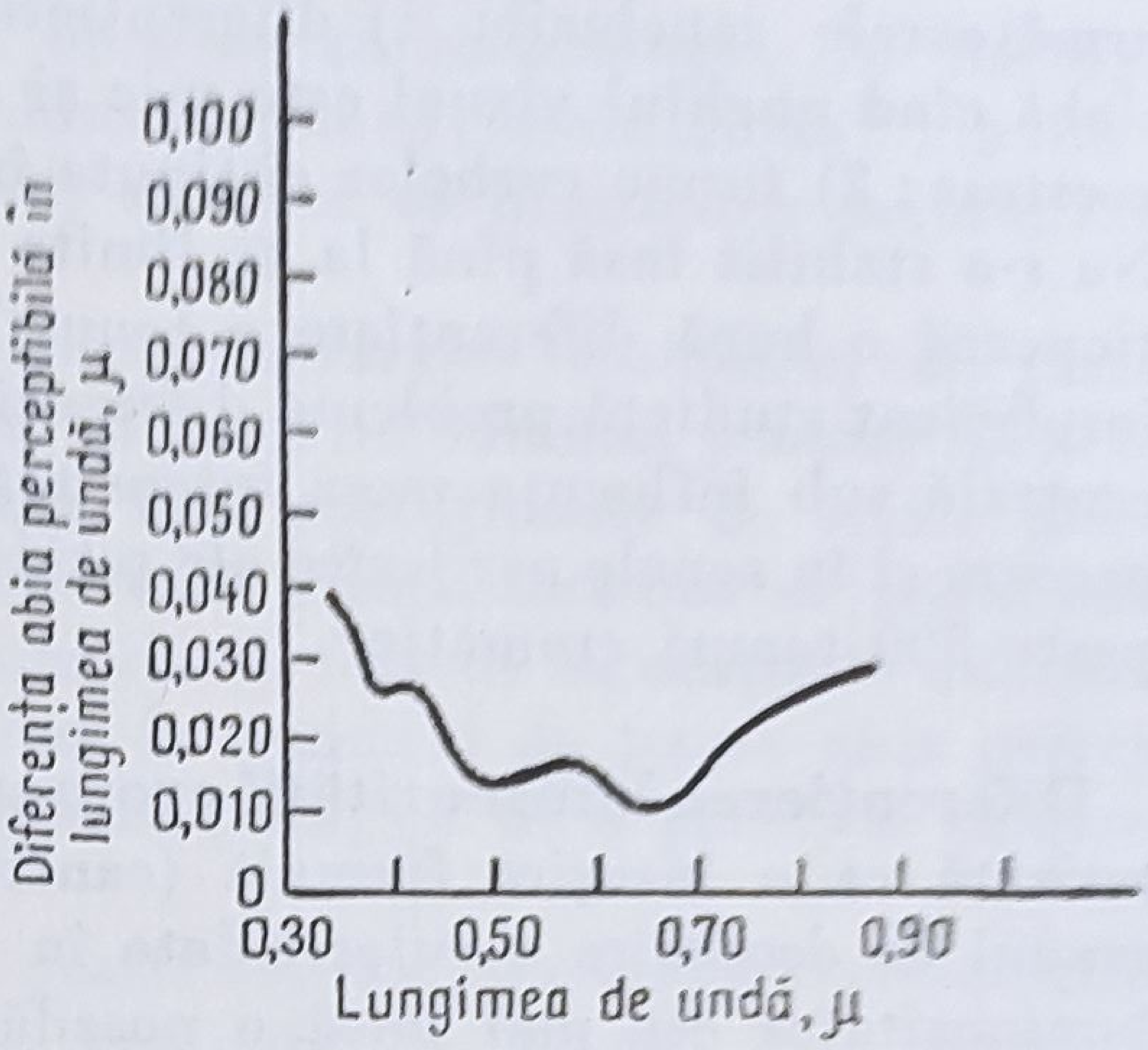
Influența factorilor centrali în desfășurarea procesului adaptării luminoase fiind, la ora actuală, aproape dovedită, rămîne de stabilit modul lor de interacțiune cu cei periferici, modelul de funcționare a mecanismului în ansamblu.

5
Sensibilitatea cromatică

Recepția culorilor trebuie privită ca un proces complex de interacțiune între o multitudine de factori externi (stimulul de bază și ambianța variată și dinamică în care se prezintă el) și interni (particularitățile funcționale ale sistemului vizual care încetează a mai fi un aparat receptor ideal, fondul aperceptiv, atenția și componentele dinamicii interne ale personalității, care au întotdeauna o anumită pondere în determinarea unor calități ale „*perceptului*" cromatic). Pe de altă parte, va trebui să se țină seama de faptul că în esența sa procesul normal de recepție cromatică se realizează prin intermediul perceperii obiectelor; cel mai adesea percepem culoarea ca o însușire a unui obiect material și numai în rare cazuri o percepem „în sine". Aceasta se reflectă și în modul de verbalizare sau denumire a stimulilor cromatici; majoritatea nuanțelor cromatice se denumesc după obiectele care le posedă în forma cea mai pregnantă. Corespunzător proprietăților obiective ale undei care o provoacă, senzația de culoare posedă o serie de însușiri, și anume: *tonul cromatic*, *luminozitatea*, *saturația* etc. De aceea, funcția sensibilității cromatice trebuie analizată după aceste caracteristici.

Diferențierea tonurilor cromatice. Prin ton cromatic se înțelege acea calitate modală după care o culoare, de pildă verde, se deosebește de oricare altă culoare, galben, albastru etc., avînd aceeași luminozitate și saturație. El este condiționat de lungimea de undă. Îndreptînd asupra aparatului vizual al unui subiect normal un fascicul luminos cu o anumită compoziție spectrală, vom provoca senzația unei anumite culori modale. Dacă distribuția energiei fasciculului luminos se va modifica sistematic, atunci se va modifica corespunzător și senzația de culoare. Prin urmare, tonul cromatic este factorul cel mai evident, cel mai pregnant, care se schimbă odată cu schimbarea lungimii de undă a fîșiei spectrale. Diferențierea tonurilor cromatice are o anumită dinamică. Încă Helmholtz constatase că dacă subiectul este pus să privească la un spectru continuu de la o sursă de lumină albă, el va observa că în unele porțiuni tonul cromatic se modifică repede, în altele încet. Măsurători precise au fost efectuate însă abia mai tîrziu (1903) de către König. De obicei, în acest scop, se utilizează colorimetrul cu două cîmpuri cromatice tangențiale. Rezultatele măsurătorilor fiind reprezentate grafic, se obține curba diferențierii tonurilor cromatice.

FIG. 24. CONSTRUIREA CURBEI DIFERENȚIERII TONURILOR CROMATICE



Pentru aceasta, pe axul ordonatelor vom marca deosebirile abia perceptibile în lungimea de undă, iar pe abscisă — lungimile medii de undă pe baza cărora s-au efectuat măsurătorile. Curba astfel obținută va tinde să se apropie de axul absciselor în acele segmente ale spectrului unde sensibilitatea diferențială față de tonurile cromatice este înaltă și să se îndepărteze de el în zonele unde funcția respectivă este scăzută (fig. 24). Dacă măsurătorile se efectuează în cadrul tuturor segmentelor principale ale spectrului, se va obține o curbă de formă ondulatorie, cu faze de vîrf și depresiune, care va exprima dinamica specifică a sensibilității cromatice în raport cu parametrul „lungimea de *undă*" (fig. 25). Thomson și Wright (1947) au stabilit că asupra diferențierii tonurilor cromatice influențează și unghiul vizual. Efectuînd măsurători ale diferențierii tonurilor cromatice sub diferite unghiuri, ei au ajuns la

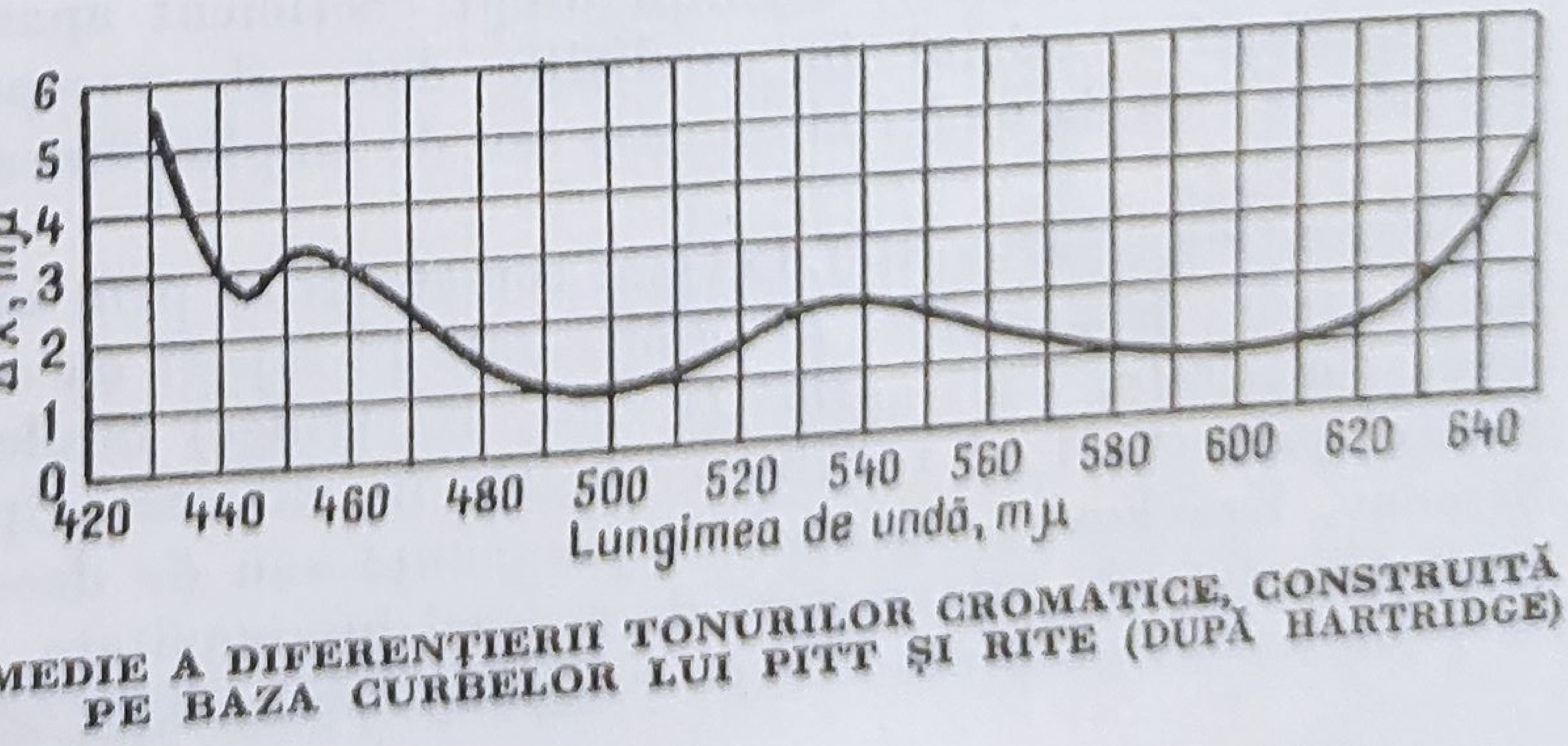


FIG. 25. CURBA MEDIE A DIFERENȚIERII TONURILOR CROMATICE, CONSTRUITĂ PE BAZA CURBELOR LUI PITT ȘI RITE (DUPĂ HARTRIDGE)

următoarele concluzii: 1) diferențierea tonurilor cromatice este mai slabă cînd unghiul vizual este mic și se optimizează odată cu creșterea acestuia; 2) forma curbelor obținute în cele două situații va fi diferită. Nu s-a stabilit însă pînă la ce limite creșterea unghiului vizual condiționează o bună diferențiere a tonurilor cromatice. De asemenea, este insuficient studiată problema diferențierii tonurilor cromatice în foveea centrală sub influența unor intensități slabe și puternice ale luminii, precum și în zonele periferice ale retinei. Ochiul omului poate diferenția peste 200 tonuri cromatice.

Diferențierea luminozității cromatice. Luminozitatea poate fi caracterizată ca o însușire formală (cantitativă) a senzației. Ea exprimă gradul de deosebire a culorii date în raport cu culoarea neagră. Deci, luminozitatea cea mai mică o posedă culoarea neagră. Luminozitatea depinde de coeficientul de reflexie — (So). Luat în valori cifrice, coeficientul de reflexie este egal cu 1 minus coeficientul de absorbție (α). De exemplu, suprafața catifelei negre absoarbe 0,98 raze luminoase și reflectă numai 0,02. Prin urmare, cu cît coeficientul de absorbție al suprafeței pe care cade lumina este mai mare, cu atît luminozitatea culorii percepute este mai mică, tinzînd să se apropie de negru. Dimpotrivă, cu cît coeficientul de absorbție este mai mic și, corespunzător, coeficientul de reflexie mai mare, cu atît culoarea dată va poseda o luminozitate mai puternică, tinzînd să se apropie de alb.

Trebuie să deosebim, însă, luminozitatea luminii pe care ochiul nostru o primește direct de la obiect și coeficientul de reflexie relativ al acestui obiect luat în comparație cu alte obiecte. Această deosebire ține de domeniul psihologicului; ea este condiționată (sau facilitată) de poziția subiectului și poate fi descrisă ca deosebire în luminozitatea aparentă (fenomenală). De aceea, pentru a înlătura eventualele nedumeriri, unii autori propun să se folosească o noțiune suplimentară — „claritatea vizibilă”, definită drept coeficient aparent de reflexie al suprafeței — stimul în condițiile date ale recepției. Claritatea depinde de energia undei luminoase sau de amplitudinea oscilațiilor ei.

Diferențierea saturației. Cel mai corect este ca prin saturație să înțelegem gradul de deosebire al culorii date în raport cu culoarea albă de aceeași claritate. Unii autori (Evans, Hartridge) înțeleg prin ea conținutul procentual al tonului cromatic în culoare, alții (Rubinstein, Șaronov, Kravkov) — gradul de pregnanță sau de deosebire a culorii cromatice date de culoarea gri de aceeași luminozitate. În primul caz, se pune accent cu precădere pe puritatea psihofizică a culorii, în cel

de-al doilea — pe puritatea ei în plan psihofiziologic. În limbajul obişnuit, saturaţia unei culori se descrie prin cuvintele ,,şters'' ,,,palid'', ,,slab'' sau ,,puternic'' (,,aprins'') asociate cu denumirea tonului cromatic.

Ea depinde de raportul dintre cantitatea razelor luminoase, care caracterizează culoarea suprafeţei date, şi torentul luminos general reflectat de ea. Cu alte cuvinte, saturaţia este condiţionată de forma undei electromagnetice şi poate fi considerată o caracteristică de ordin calitativ a senzaţiei cromatice. Sensibilitatea faţă de saturaţie în diferitele segmente ale spectrului se exprimă în numărul de trepte abia perceptibile situate între culoarea spectrală pură, pe de o parte, şi culoarea albă — pe de altă parte.

Chapanis (1944) a întocmit un grafic sintetic al datelor experimentale privind diferenţierea saturaţiei, obţinute de diverşi cercetători pe subiecţi cu sensibilitatea cromatică normală (fig. 26). Cu acest prilej, a ieşit în evidenţă faptul că, exceptînd deosebirile de detaliu, toţi autorii sînt de acord între ei în privinţa următoarelor puncte: 1) partea spectrului de lungime scurtă posedă saturaţia cea mai mare; 2) saturaţia este relativ ridicată şi în porţiunea undelor lungi; 3) porţiunea situată între segmentele extreme este slab saturată — minimul înregistrîndu-se în fîşia galbenului (0,570 m μ); 4) la unii subiecţi există tendinţa către o insuficientă diferenţiere a saturaţiei în intervalul cuprins între 470 şi 530 m μ. În mod obişnuit, senzaţiile cromatice apar ca rezultat al acţiunii simultane asupra retinei a mai multor lungimi de undă. Prin urmare, avem de a face cu fenomenul amestecului. Young şi apoi Maxwell au demonstrat că dacă luăm doar trei torente luminoase monocromatice situate în spectru la o anumită distanţă unul de altul, amestecul lor poate fi ales în aşa fel încît să fie perceput

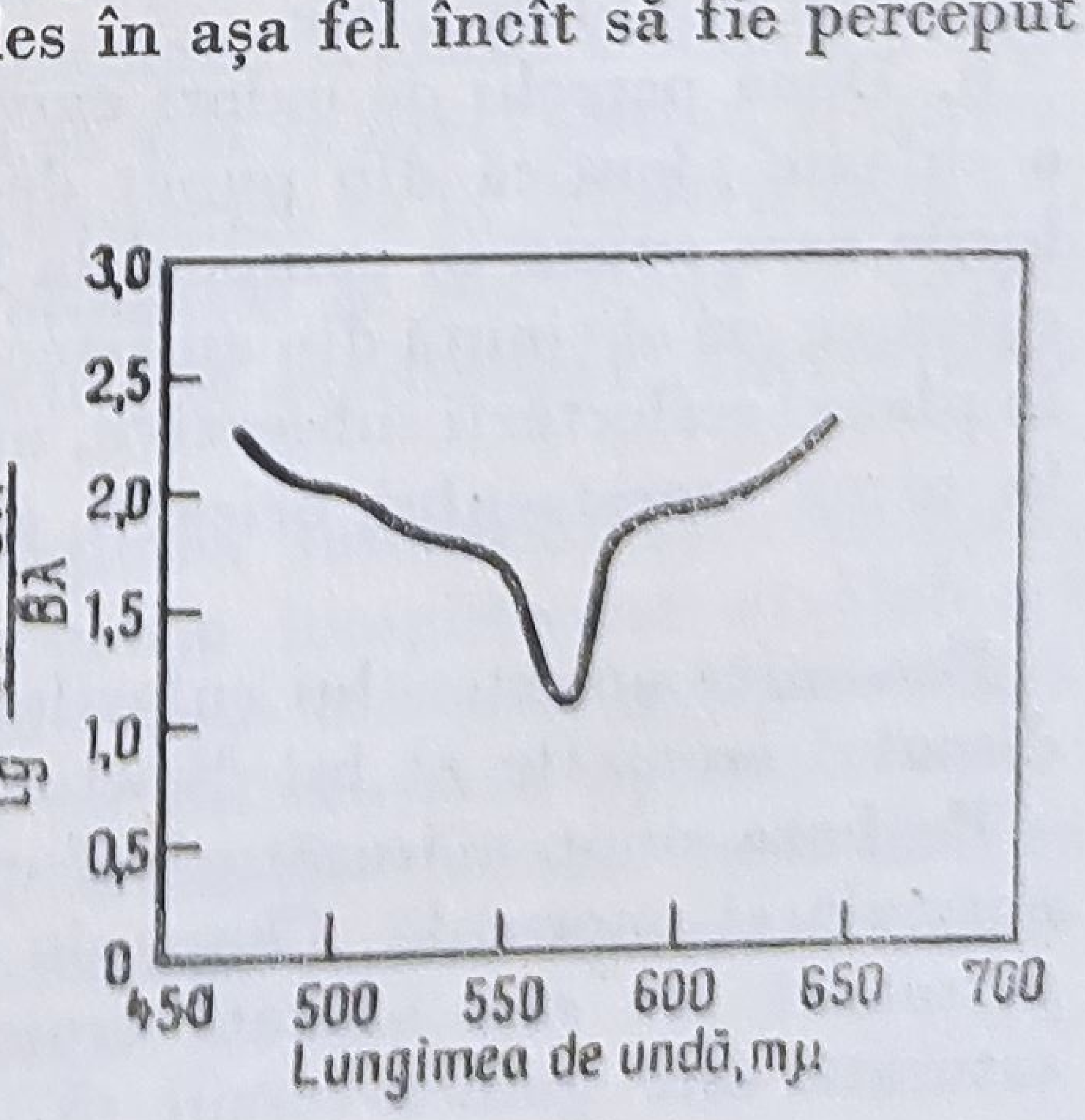


FIG. 26. DIFERENŢIEREA SATURAŢIEI LA SUBIECŢI NORMALI (DUPĂ CHAPANIS)

la fel ca oricare parte a spectrului. Cercetările ulterioare au confirmat acest fapt, arătînd că din el se degajă reprezentările noastre fundamentale despre funcția sensibilității cromatice.

1. Amestecul radiațiilor a două lungimi de undă arbitrar alese (și care, de obicei se găsesc în spectru la o distanță mai mică) dă o culoare intermediară (adică, o culoare care se localizează în spectru între cele două lungimi de undă). Excepție fac porțiunile marginale ale spectrului care prin amestec generează o serie de culori purpurii și violete. Lungimea de undă exactă a culorii rezultate din amestec se modifică concomitent cu intensitatea relativă a celor două iradiații care interacționează, trecînd treptat de la lungimea de undă a uneia la lungimea de undă a celei de-a doua. (Complimentare sînt următoarele perechi de culori: roșu ⟷ albastru-verzui, portocaliu ⟷ albastru, galben-verzui ⟷ ⟷ violet, verde ⟷ purpuriu).

2. Pot fi desprinse o serie de radiații luminoase monocromatice care prin amestec să dea culoarea albă. Asemenea perechi se numesc reciproc-complimentare.

3. Oricare din culorile cunoscute, în afară de cele încadrate în categoria purpuriului, poate fi obținută din amestecul luminii albe cu lumina de lungimea de undă corespunzătoare.

4. Toate culorile care nu pot fi reproduse prin amestecul culorii albe cu culoarea monocromatică (adică cele purpurii) pot fi transformate în culoare albă prin adăugarea la ele a uneia din culorile aparținînd fîșiei verzi a spectrului (deci, toate sînt complimentare față de culorile acestei porțiuni a spectrului).

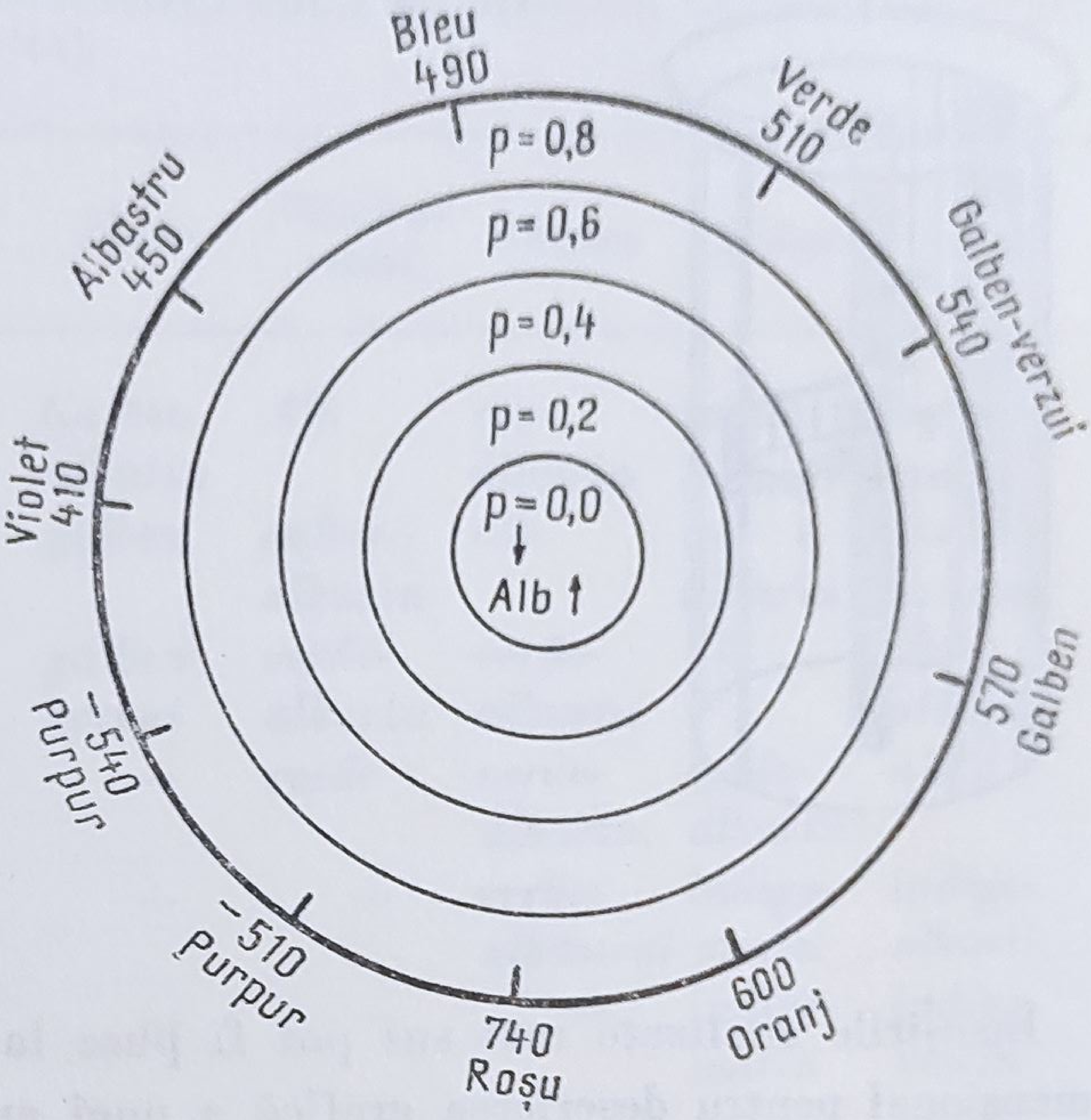
4. Pentru partea de mijloc a spectrului (verde) nu există lungimi de undă complimentare.

6. Două perechi de culori care sînt percepute la fel dau prin amestec o culoare identică din punct de vedere perceptiv, indiferent de deosebirile care există în compoziția fizică a culorilor amestecate. De pildă, culoarea gri obținută din amestecul unei perechi de culori complimentare, în planul reflectării subiective, nu se deosebește cu nimic de griul realizat în urma amestecului oricărei alte perechi.

Dinamica amestecului culorilor se poate urmări foarte bine pe schema discului cromatic al lui Newton (fig. 27).

Pe baza unor măsurători efectuate pe subiecți cu vedere cromatică normală și anormală, Chapanis face următoarele constatări: 1) pentru persoanele cu sensibilitate cromatică normală culoarea cea mai slab saturată este galben-verzui (570 m μ); 2) pentru dicromați saturația

FIG. 27. SCHEMA DISCULUI CROMATIC



cea mai mică o are culoarea albastru-verzui (480—500 m μ); 3) pentru protanormali și deuteranormali minimile saturației se află atît în fîșia galben-verzuiului cît și în cea a albastru-verzuiului. Date similare au fost obținute mai înainte și de alți autori (Nelson, 1938, Mc Keon și Wright, 1940.)

Trebuie menționat că între diferențierea saturației și diferențierea tonului cromatic, în general, există un raport invers proporțional. În acele zone ale spectrului în care diferențierea tonului cromatic atinge punctul maxim, diferențierea saturației se află la nivel scăzut, și invers. Comparînd curbele celor două funcții, constatăm că la subiecții normali, diferențierea cea mai fină a tonului cromatic se realizează în cadrul fîșiei galbene a spectrului (580—600 m μ); în acest punct, diferențierea saturației este minimă.

În fîșiile albastră și violetă diferențierea saturației este maximă, în vreme ce diferențierea tonului cromatic înregistrează nivelul cel mai scăzut. În zona oranjelui și roșului tonul cromatic se diferențiază în general slab, în schimb saturația se diferențiază optim.

În cazul tulburărilor sensibilității cromatice aceste raporturi se păstrează, dar se distribuie oarecum altfel în cadrul segmentelor componente ale spectrului (Chapanis, 1944).

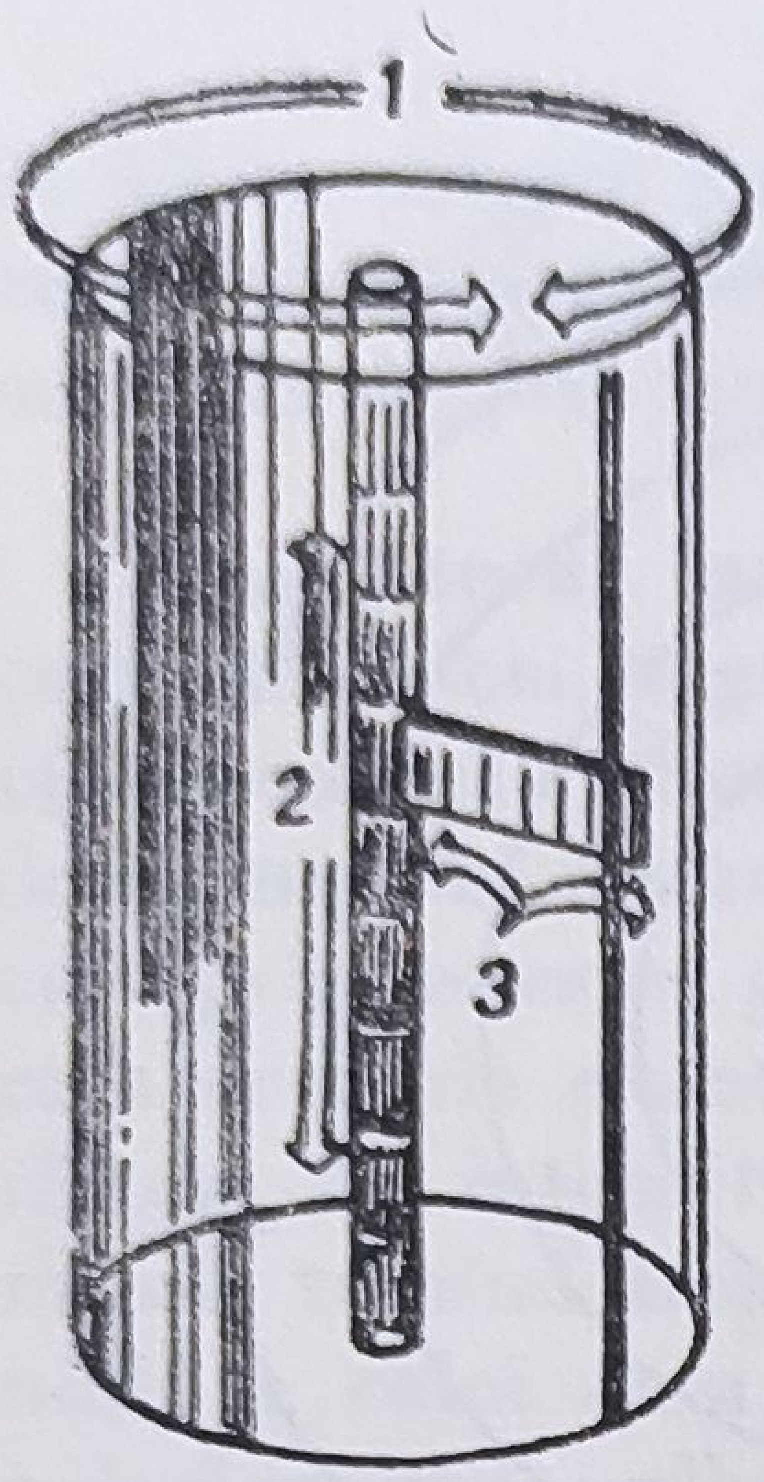


FIG. 28. CORP CROMATIC TRIDIMENSIONAL

Însușirile analizate mai sus pot fi puse la baza unui sistem tridimensional pentru descrierea grafică a unei anumite culori. Astfel, ne putem reprezenta toate culorile distribuite în interiorul așa-numitului corp cromatic, în care luminozitatea se schimbă pe verticală, tonul cromatic se determină de poziția față de centru în plan orizontal, iar saturația se modifică în funcție de distanța pe perpendiculara ridicată pe axul vertical al corpului (fig. 28).

Numai în cazuri cu totul speciale noi percepem culori pure, adică unde monocromatice izolate (atunci cînd fascicolul luminos este trecut printr-o prismă sau prezentat la spectroscop). Pe circumferința discului se marchează în succesiune naturală toate culorile spectrale. Cercul se închide prin intermediul culorilor purpurii, care se dispun între roșu și violet, și sînt opuse verdelui. În centrul cercului se găsește culoarea albă. De-a lungul fiecărei raze se dispun culorile de același ton (constanta λ), dar de saturație succesiv schimbătoare, care avînd valoarea 1 la periferie, se reduce sistematic, pînă la 0, în centru. Astfel, pe această diagramă sînt cuprinse toate combinațiile posibile dintre p (distanța de la centru) și λ (direcția razei în forma lungimii de undă). Rezultatul amestecului diferitelor perechi de culori este dat în tabelul din p. 119.

CULORILE REZULTATE DIN AMESTECUL PERECHILOR CULORILOR SPECTRALE (DUPĂ ȘARONOV, 1961).

Culoarea II / *Culoarea I*	*Galben*	*Verzui-galben*	*Verde*	*Albastru-verzui*	*Albastru*	*Indigo*	*Violet*
Roșu	*portocaliu*	*galben-auriu*	*Galben alburiu*	*Alb*	*roz-alburiu*	*roz-întunecat*	*purpuriu*
Portocaliu	—	*galben*	*galben*	*galben-alburiu*	*alb*	*roz-alburiu*	*roz-întunecat*
Galben	—	—	*galben-verzui*	*verde-alburiu*	*verde-alburiu*	*alb*	*roz-alburiu*
Verzui-galben	—	—	—	*verde*	*verde-alburiu*	*verde-alburiu*	*alb*
Verde	—	—	—	—	*verde-albăstrui*	*indigo-marin*	*indigo-alburiu*
Albastru-verzui	—	—	—	—	—	*indigo-marin*	*indigo-marin*
Albastru	—	—	—	—	—	—	*indigo*

De amestecul optic al culorilor, rezultat din acțiunea simultană a două sau mai multor raze de lungimi diferite asupra celorlalte porțiuni ale retinei, se deosebește așa-numitul amestec spațial, care apare în cadrul perceperii diferitelor culori în contiguitate spațială. Astfel, dacă de la o anumită depărtare privim pe o suprafață o sumă de puncte colorate care se ating unele cu altele, ele vor fuziona într-o pată unitară, a cărei culoare va fi rezultatul amestecului culorilor punctelor singulare. La baza acestui gen de amestec stau difuzia luminii și funcția sumatorie a retinei. Ca urmare, granițele dintre punctele colorate se șterg și ele excită, mai multe deodată, aceeași fibră nervoasă de la nivelul retinei. Fenomenul amestecului spațial se are în vedere în industria textilă — în alcătuirea imprimeurilor — și în pictură (pointelismul).

Prezintă interes și așa-numitul amestec binocular al culorilor. El constă în obținerea unei oarecare a treia culori prin excitarea fiecărui ochi cu o culoare diferită. Privind cu un ochi la o culoare, iar cu celălalt la alta, noi percepem o singură culoare — rezultată din amestecul celor două culori. Cînd cele două culori sînt foarte apropiate între ele,

îndeosebi după luminozitate, atunci amestecul binocular nu se produce şi percepem intermitent cînd o culoare, cînd alta. Fenomenul este cunoscut în psihologie sub numele de lupta cîmpurilor vizuale.

Contrastul culorilor. O importanţă deosebită pentru înţelegerea mecanismelor şi specificului recepţiei cromatice o are fenomenul contrastului — succesiv şi simultan. Primul constă în modificarea temporară a calităţilor senzaţiei cromatice prezente (expresivitatea, saturaţia) sub influenţa postacţiunii unei culori percepute în intervalul anterior. În esenţă, contrastul succesiv reprezintă în sine o imagine consecutivă negativă. Contrastul simultan desemnează faptul modificării unei culori ca urmare a învecinării ei cu altă culoare. Culoarea vecină induce în cîmpul vizual culoarea de contrast. Prin urmare, în cadrul contrastului simultan avem de-a face cu două cîmpuri: unul inductor şi unul indus. Întrucît culorile influenţează reciproc una asupra celeilalte, fiecare cîmp influenţează asupra celuilalt şi se supune el însuşi influenţei acestuia din urmă, dat simultan.

În procesul recepţiei cîmpurilor juxtapuse, aparatul nostru vizual are tendinţa de a scădea o culoare din alta şi de a accentua deosebirea dintre ele. (H. Jacobson, 1951, R. Granit, 1955, F. Ratliff, G. Mueller, 1957, R. Jung, 1961). În general, efectul se reduce la creşterea deosebirii în tonul cromatic. Astfel, culorile oranj şi galben aşezate alături sînt percepute sau portocaliu-roşcat, sau galben-verzui. Prin urmare, în aceste condiţii, culorile se apropie de cele complementare. Dacă alăturăm două culori cu acelaşi ton cromatic, dar avînd saturaţie inegală, atunci culoarea cu saturaţie mai mică va părea complementară. Dacă ambele culori au în medie o saturaţie înaltă, atunci acţiunea contrastului simultan se exprimă numai în accentuarea deosebirii de saturaţie. Dacă saturaţia uneia din culori este suficient de slabă, ea poate să apară pregnant complementară în raport cu cealaltă.

Dinamica contrastului simultan depinde de ansamblul condiţiilor fizice ale reflectării: intensitatea iluminatului ce cade pe suprafeţele-stimul, distanţa dintre subiect şi cîmpurile pe care cad culorile de contrast, poziţia celor două culori în cîmpul vizual al subiectului — şi psihofiziologice: capacitatea rezolutivă a sistemului vizual, mobilitatea funcţională a retinei.

Cel mai pregnant, fenomenul contrastului simultan se manifestă în condiţiile perceperii stimulilor în mişcare. De asemenea, cu cît cele două cîmpuri cromatice sînt mai apropiate şi tind să formeze o suprafaţă unitară (contururile lor fiind insuficient individualizate) cu atît mai puternic este procesul de autoinducţie şi, în consecinţă, cu atît mai

mare intensitatea contrastului simultan, şi invers. (M. Golu, Gh. Zapan, 1966).

Deşi culorile de contrast sînt apropiate de cele complementare, ele se deosebesc, totuşi, de acestea.

Culorile complementare sînt reciproce: dacă culoarea „a" este complementară în raport cu culoarea „b", atunci şi culoarea „b" este complementară faţă de „a". Culorile de contrast nu posedă proprietatea reciprocităţii; de exemplu, culoarea de contrast pentru galben este violetul, culoarea de contrast pentru violet nu este galbenul, ci galben-verzui. Contrastul nu trebuie considerat un fenomen episodic întîmplător, ci o modalitate specifică de realizare a procesului general de percepţie a culorilor.

Omul are de a face în mod curent cu culorile naturii, ale obiectelor concrete, iar nu cu raze electromagnetice izolate. Iar percepţia reală a culorilor nu se efectuează altfel decît prin intermediul amestecului şi contrastului.

De aceea, punctul de plecare în elaborarea unei teorii explicative a recepţiei cromatice noi îl vedem în analiza detaliată a acestor două fenomene. Pentru elucidarea lor sînt necesare încă cercetări experimentale sistematice, care să modeleze cît mai adecvat structura condiţiilor desfăşurării percepţiei cotidiene a culorilor.

6
Adaptarea în sfera sensibilităţii cromatice

Mecanismul adaptării cromatice a fost sistematic cercetat de Schouten (1937), Wright (1947), Kravkov (1951) ş.a. În aceste cercetări s-a pornit de la ipoteza că, simplificînd lucrurile, vederea cromatică a omului poate fi explicată prin activitatea a trei sisteme receptoare, cu trei curbe relativ întinse ale sensibilităţii spectrale. Astfel, un sistem este sensibil în zona indigoului şi verde-albăstruiului a spectrului, altul — în zona verdelui, iar cel de-al treilea — în zona roşului (şi parţial în fîşiile extreme ale spectrului).

La aceşti trei receptori, unii autori (Evans, 1959) mai adaugă şi pe al patrulea destinat recepţiei clarităţii iradiaţiilor. Pînă acum, nu au fost însă descoperiţi nici primii trei şi nici acesta din urmă. Prin urmare,

modelul este ipotetic şi el trebuie interpretat ca atare. Dacă facem o apropiere între cele trei tipuri de receptori preconizate de autorii menţionaţi şi sistemul dominatorilor stabilit de Granit (1947), atunci ipotezei respective putem să-i acordăm un anumit credit, iar rezultatele asupra dinamicii adaptării cromatice pot fi considerate semnificative. Astfel, îndreptînd asupra ochiului un fascicol de raze cromatice, vom constata, că pe măsura prelungirii acţiunii lui, sensibilitatea receptorilor tinde să scadă aproximativ proporţional cu gradul excitării lor. Dacă folosim ca stimul un fascicol verde, primul care-şi va slăbi sensibilitatea va fi receptorul pentru verde. Sensibilitatea celorlalţi doi receptori (pentru albastru şi roşu) va scădea mai puţin. Durata modificării sensibilităţii receptorului activ este determinată de aceeaşi factori ca şi în cazul adaptării sensibilităţii luminoase şi anume: intensitatea fascicolului cromatic şi durata totală de recepţionarea lui. Dacă pe fondul adaptării cromatice selective se declanşează o iradiaţie neselectivă, ea va fi percepută în tonalitate roz (adaptarea fiind realizată în cadrul receptorului de verde).

Adaptarea faţă de culoarea verde face ca iradiaţiile percepute în tonalitate albă să pară verzi în cazul iluminatului diurn. În rîndul suprafeţelor care se percep albe putem menţiona pe cele neselective iluminate cu raze de culoare verde şi de saturaţie scăzută. (Cînd saturaţia lor este ridicată se înregistrează excepţii, cunoscute sub numele de efectul Helson-Judd).

Adaptarea cromatică poate să se producă şi local, numai în anumite zone ale retinei. De pildă, dacă un fascicol verde este orientat asupra unui segment limitat, atunci se va înregistra o scădere locală a sensibilităţii faţă de verde; receptorii corespunzători din celălalt segment se vor menţine la un nivel funcţional relativ ridicat (optim). (Aci fascicolul-stimul va fi perceput în tonalitate adecvată, în vreme ce în zona adaptată el va fi perceput roz; culoarea roz apare în acest caz ca imagine consecutivă a senzaţiei iniţiale de verde).

Adaptarea se produce mai repede şi atinge o profunzime mai mare în raport cu culorile care posedă o claritate accentuată. Ca urmare, dacă punem alături o culoare de acest fel (verde), cu o culoare de claritate mai redusă (de exemplu, indigo-verzui) în percepţie, cea din urmă va deveni mai saturată în tonalitate indigo (fenomen de contrast simultan). Dar, după un anumit interval, adaptarea devine reciprocă, ceea ce se exprimă în creşterea saturaţiei culorii iniţial inductoare (în exemplul nostru, culoarea verde).

Culoarea galbenă acţionează aproape în aceeaşi măsură asupra receptorilor pentru ,,roşu'' şi ,,verde'', determinînd scăderea sensibilităţii

lor, dar nu influențează de loc sensibilitatea receptorului pentru „indigo".

La rîndul său, radiația spectrală de undă lungă, acționînd asupra receptorului pentru „roșu", nu modifică sensibilitatea receptorilor pentru „indigo" și „verde". Prin urmare, atunci cînd privim timp mai îndelungat la un ecran iluminat, se va produce scăderea considerabilă a sensibilității receptorului pentru „roșu"; în același timp, sensibilitatea receptorului pentru indigo va cunoaște o scădere cu totul neînsemnată. Adaptarea receptorului pentru roșu continuînd, sensibilitatea receptorului pentru indigo poate crește peste nivelul mediu obișnuit, în condițiile vederii diurne el putînd înregistra raze chiar din fîșiile roșie și galbenă (adică lungimi de undă mai mari). Culoarea galbenă va fi percepută în tonalitate albastru-verzuie.

Dacă vom lua pe rînd fiecare pereche de culori, lucrurile se vor prezenta similar. Astfel, putem conchide că în procesul adaptării, culorile comparate două cîte două tind să devină complementare după tonul cromatic. (Nu trebuie să uităm însă de deosebirea care există între culorile de contrast și cele complementare).

7

Sensibilitatea cromatică periferică

Sensibilitatea cromatică este funcția aparatului conurilor. Cum acestea se găsesc comasate cu precădere în zona foveii centrale, înseamnă că recepția razelor cromatice ale spectrului se realizează la nivel optim pe un diametru relativ redus al retinei. Totuși, funcția sensibilității cromatice nu dispare cu totul de îndată ce ne îndepărtăm de fovea centrală. Există, prin urmare, și o vedere de ordin periferic a culorilor. Ea a fost pusă în evidență încă la sfîrșitul secolului trecut, prin metoda măsurării cîmpului vizual. Astfel, determinînd întinderea cîmpului pentru diferite culori, s-a constatat că multe din ele își modifică cromaticitatea în funcție de faptul dacă sînt recepționate cu centrul sau periferia retinei. Deplasarea obiectului-test de la punctul central al perimetrului optic spre punctele laterale ale lui determină modificarea tonalității și saturației cromatice. Prima culoare care suferă această schimbare este verdele. El își pierde treptat claritatea, trecînd printr-o serie de faze intermediare în galben și devenind la punctele extreme alb.

Roșul, de asemenea, se modifică la început în portocaliu și apoi în galben. Culorile situate între albastru-verzui și violet se deplasează în direcția indigoului; cele care aparțin fîșiei albastru-verzui se modifică în direcția culorilor de undă scurtă, iar cele care aparțin fîșiei violete — se modifică în sens invers. Sînt și cîteva culori care nu-și modifică tonul cromatic: indigo (460 m μ), albastru-verzui (490 m μ), galben (570 m μ) și purpur—rubiniu (Hess, 1899). Dintre acestea, indigoul și galbenul sînt *convergente*, adică celelalte culori tind să se apropie de ele după ton, iar albastru-verzui și purpur-rubiniul — *divergente*, celelalte culori tind să se îndepărteze de ele după ton. Abney, (1892), a stabilit că dimensiunile perimetrului pentru o culoare sau alta depind de intensitatea luminii. Dar chiar în cazul aceleiași intensități, roșul și verdele au un cîmp mai mic decît galbenul, indigoul și albastrul.

Se presupune că între zona centrală a retinei, caracterizată prin sensibilitatea *cromatică completă*, și segmentele ei cele mai periferice, pentru care este specifică sensibilitatea *acromatică*, se găsește o zonă intermediară cu sensibilitate *dicromatică*, ai cărei stimuli de bază sînt galbenul și roșul.

Percepția culorilor. Culoarea apare ca o însușire nedezmembrabilă a obiectelor și lucrurilor din ambianță. De aceea, senzația de culoare nu poate fi tratată izolat de percepția de culoare. Ca însușire a obiectului, culoarea este totdeauna rezultatul unui anumit amestec al undelor de diferite lungimi. În același timp, particularitățile ei sînt influențate de o serie de factori fizici contextuali: iluminat, unghiul vizual, gradul de transparență a mediului de propagare a razelor luminoase, raporturile spațiale ale obiectului-test cu celelalte obiecte din jur etc.

O caracteristică esențială a percepției culorilor este gradul de stabilitate sau *constanța*. Aceasta presupune elaborarea, în procesul recepției repetate, a unui model generalizat al culorii care permite subiectului, în primul rînd, să identifice sau să recunoască o anumită culoare, iar în al doilea rînd, să-i mențină identitatea stabilită, în ciuda modificării unora din variabilele menționate mai sus, îndeosebi a culorii și intensității iluminatului.

În procesul percepției se produce, parcă, o operație de înlăturare sau separare a iluminatului, în urma căreia culoarea se relevă în tonalitatea și luminozitatea ei specifice. (H. Jacobsen, 1951, F. George, 1961). Într-adevăr, constanța individualității modale a culorilor se realizează prin intermediul unui fenomen de „transformare".

Constanța în percepția culorilor presupune, pe de o parte, acumularea unei anumite experiențe interne (în forma unor imagini specifice)

a culorilor, iar pe de altă parte dezvoltarea mecanismelor superioare de integrare prin intermediul *denumirilor* și *categorisirilor* verbale.

O contribuție importantă la elucidarea mecanismului percepției culorilor au adus-o cercetările efectuate pe baza metodei microstimulației. Această metodă oferă posibilitatea de a stimula distinct atît zonele centrale, cît și pe cele periferice ale retinei. Obiectul-test și punctul de fixare se află permanent sub controlul direct al subiectului și deci acesta poate relata despre modificările produse în poziția și culoarea obiectului. Se urmărește influența schimbării unghiurilor vizuale și distanței asupra culorii obiectului-test. Primele cercetări de acest gen au fost întreprinse de Holmgren în 1884. El a stabilit că în anumite poziții pe retină culoarea galbenă este percepută roșie, iar în alte poziții ea este percepută verde sau incoloră. În raport de distanța față de foveea centrală, culoarea albastră este percepută verde, albastră, violetă sau incoloră. În 1947, Hartridge a lărgit sfera constatărilor. Astfel, a stabilit că în foveea centrală, un obiect de dimensiuni foarte mici, indiferent de culoare, este perceput incolor. Un obiect mai mare este perceput sau roșu (dacă are culoare roșie, vișinie sau portocalie), sau albastru-verzui (dacă are culoare verde, albastru-verzuie sau indigo). Același obiect este perceput incolor dacă are culoarea galbenă sau albastră. Încă în 1888 Fick arătase că două obiect-test de aceeași culoare și de dimensiuni atît de mici încît percepute fiecare individual par incolore, dacă se prezintă simultan, ele vor părea colorate. Acest fenomen a fost denumit de Hartridge ,,condiționare''. Efectul condiționării poate fi *pozitiv*, *negativ* sau *neutru*. Astfel, expunerea simultană a două obiecte de culoare galbenă intensifică tonalitatea cromatică a amîndurora (condiționare pozitivă). Expunerea simultană a unui obiect galben și a altuia albastru perturbă perceperea fiecăruia dintre ele, ambele fiind percepute incolor (condiționare negativă). Expunerea simultană a două obiecte — unul roșu și altul galben — poate duce la următorul fenomen: obiectul galben se percepe ca și mai înainte incolor (condiționare negativă) sau roșu (condiționare pozitivă).

Faptele prezentate dovedesc că stabilitatea luminozității, de care depinde apoi constanța cromatică, nu poate fi explicată doar pe baza factorilor periferici. Dimpotrivă, se pare că rolul principal îl joacă aci mecanismele de ordin central. Oricît ar fi de importantă constanța, ea nu poate să epuizeze toate laturile procesului viu al percepției coloritului multinuanțat și variat al lumii. Dincolo de anumite limite, culorile percepute devin oscilante, modificîndu-și însușirile tonale, saturația și luminozitatea sub influența diverșilor factori. Primul care influențează este raportul de contiguitate spațială dintre diferitele

culori, aparținînd obiectelor din cîmpul perceptiv și care, după cum am văzut, determină fenomenul contrastului simultan.

Am arătat în ce constă esența acestuia și caracteristicile dinamicii lui evidențiate în laborator. Aici ținem să relevăm doar frecvența sa mare în condițiile percepției libere (adică în natură) și să arătăm cum influențează el asupra percepției culorilor.

Aflîndu-ne în mijlocul naturii, vara sau iarna, cînd în jur predomină o anumită culoare, putem constata accentuarea culorii complementare ei. Pe neașteptate, ochiul nostru devine, parcă, mai sensibil față de culoarea complementară care provoacă, în consecință, o senzație de mai multă prospețime și saturație. Mergînd pe un cîmp întins, acoperit cu iarbă, cînd cerul este senin și atmosfera transparentă, peste tot se întinde influența ,,dominatoare'' a culorii verzi, care face ca, pe acest fond, trunchiurile copacilor răzleți și potecile să devină brun-roșcate. Tot astfel, o clădire cenușie privită printr-o perdea verde ne apare într-o nuanță de roșu. Valurile luminate ale mării par de un verde de o rară finețe și transparență, în vreme ce porțiunile umbrite îmbracă o nuanță purpurie.

Un aspect contrastant, într-o gamă foarte variată de intensități, ni-l oferă coroanele împodobite cu frunze ale copacilor sub influența luminii razelor solare, în cadrul cărora se formează așa-numitele grupuri de culori de luminozitate și saturație diferite. De obicei, frunza unui copac este mult mai intens iluminată dintr-o parte: astfel, reflectînd parțial lumina, ea capătă o culoare de mai mare luminozitate și de tonalitate cenușie. În afară de aceasta, atunci cînd frunza este iluminată din față (în raport cu observatorul) la culoarea de bază-verde, se mai adaugă o nuanță albastră, iar în caz contrar o nuanță galbenă. Pe de altă parte, în crearea contrastului un rol important îl joacă fenomenul difuziei luminii. Deși frunzele copacilor din pădurile noastre au o grosime mai mică de 1 mm, în ele se petrec aceleași procese de reflexie, absorbție și difuzie ca și în oceanul a cărui adîncime atinge mii de metri.

Șesurile presărate de coline oferă un admirabil exemplu de contrast simultan; datorită perspectivelor aeriene, crestele colinelor devin, pe măsură ce se îndepărtează, tot mai luminoase, pentru a se pierde apoi într-o perdea cețoasă-alburie. La rîndul ei, fiecare creastă pare mai întunecată de-a lungul vîrfului decît la poale. Se pare că nici iarna percepția culorilor nu este mai puțin supusă influenței raporturilor de contrast. Privind fulgii de zăpadă pe fondul cerului cenușiu, aceștia par întunecați (,,zăpada neagră'') (V. Gladkov, 1931). După cum se știe, culorile albă, gri și negru diferă numai prin strălucire, iar măsura

acesteia o constituie fondul înconjurător. În exemplul nostru, toate strălucirile sînt raportate la strălucirea cerului, care este mult mai puternică decît am putea crede și întotdeauna mai mare decît strălucirea fulgilor văzuți de jos. Într-o altă împrejurare, cerul uniform cenușiu pare mult mai întunecat decît pămîntul acoperit de zăpadă, deși în realitate cerul este acela care iluminează pămîntul, iar suprafața obiectului iluminat nu poate avea niciodată o strălucire mai mare decît sursa de lumină însăși. (Acest din urmă fapt a fost confirmat de măsurători fotometrice (G. I. Priest, 1926). Foarte interesant este fenomenul umbrelor de culoare, care se manifestă pregnant pe un fond alb (zăpadă). Astfel, dacă privim un stîlp vertical, iluminat dintr-o parte de un reflector, iar din cealaltă parte de razele lunii, vom observa că umbrele lăsate de el pe zăpadă diferă surprinzător prin culoare: prima are o nuanță albăstruie, iar a doua — gălbuie. Toate umbrele lăsate pe zăpadă, sub influența luminii cerului albastru, capătă nuanță albastră, care se accentuează mult odată cu asfințitul soarelui (M. Minnaert, 1962).

Acestea sînt doar cîteva din nenumăratele exemple ce se pot da în legătură cu influența pe care o exercită fenomenul contrastului simultan asupra percepției culorilor în natură. Departe de a constitui un factor negativ, el contribuie la perfecționarea sensibilității cromatice a omului și este generator de multiple derivații și nuanțe coloristice, care altfel n-ar putea fi create. În același timp, factorul contrastului pune în evidență cu deosebită pregnanță complexitatea interacțiunii dintre însușirile fizice ale stimulului, care provoacă senzația de culoare, și culoarea percepută.

O a doua variabilă (independentă) care influențează permanent dinamica percepției culorii obiectelor sau suprafețelor este intensitatea iluminatului (și poate și natura lui). În cazul creșterii intensității luminii se înregistrează cunoscutul fenomen Bezold-Brücke. Culoarea roșie trece în portocaliu și apoi în galben-gri; portocaliul se deplasează în direcția galbenului; galbenul se menține pînă cînd își pierd cromaticitatea toate sau aproape toate celelalte culori, ca apoi să devină alb; albastru-verzuiul devine albastru; albastrul își păstrează cromaticitatea în aceeași măsură ca și galbenul. Prin urmare, în stadiul intermediar de modificare a sensibilității, se constată o vedere dicromatică, cu două culori de bază: galbenul și complementara lui — albastrul. Violetul, la un stadiu relativ incipient se modifică trecînd în indigo-gri, iar apoi în gri. Așadar, intensitatea prea mare a iluminatului determină treptat deconectarea mecanismului vederii centrale (specific cromatice), lăsînd în funcțiune doar mecanismele vederii periferice (prin excelență acromatice).

Micşorarea intensităţii iluminatului determină o scurtare a spectrului de ambele părţi, iar galbenului i se substituie culoarea albă (Abney, 1916). Fîşia portocaliului şi roşului se deplasează în direcţia purpur-vişiniului, iar porţiunile galben-verzuiului şi verdelui — în direcţia albastru-verzuiului (deci modificările în acest caz sînt opuse celor observate în condiţiile creşterii intensităţii luminii). Ca şi în primul caz, patru culori nu-şi modifică tonalitatea: albastru, galben, albastru-verzui şi purpur-vişiniu. În faza intermediară, înregistrăm, de asemenea, fenomenul dicromatismului, ale cărui culori de bază sînt albastru-verzuiul şi purpur-vişiniul.

Culoarea obiectului perceput depinde şi se modifică şi în funcţie de unghiul vizual. Primul care evidenţiază şi cercetează fenomenul este Charpentier (1888). El a stabilit că, în cazul vederii foveale, micşorarea unghiului vizual al obiectului duce mai întîi la pierderea de către culoarea albastră a tonului său cromatic şi înlocuirea ei cu gri. Kries (1895) consemnează micşorarea clarităţii culorii albastre, pe măsura deplasării obiectului-stimul de la periferie spre zona foveii centrale. Pe baza datelor experimentelor anterioare, precum şi ale cercetărilor proprii, König (1897) conchide aproape categoric că centrul foveal este insensibil la culoarea galbenă, emiţînd ipoteza despre absorbţia razelor albastre de către pigmentul petei galbene. Cercetările asupra fenomenului sînt reluate tîrziu după aceea (1943) de către Hartridge şi Willmer. Primul, Hartridge, observă că micşorarea unghiului vizual duce, în percepţie, la posibilitatea confundării culorii albastre cu culoarea gri-închis sau negru, iar a culorii galbene cu culoarea gri-deschis sau alb. Cel din urmă, Willmer, în aceleaşi condiţii, înregistrează dificultăţi în percepţia verdelui (diferenţierea lui de albastru-verzui) şi ajunge la aceeaşi concluzie pe care o formulase König despre insensibilitatea centrului foveii faţă de razele albastre. În explicarea faptului el îmbrăţişează ipoteza lui Roaf, potrivit căreia, în cazul vederii diurne, în percepţia razelor albastre rolul principal îl joacă bastonaşele; întrucît acestea lipsesc în fovea centrală, rezultă că ea este insensibilă la culoarea albastră.

Efectuînd cercetări sistematice, Hartridge (1945) stabileşte modificarea percepţiei culorilor în funcţie de unghiul vizual nu numai în raport cu centrul foveii, ci cu întreaga ei suprafaţă, mai mult chiar, în raport cu toate porţiunile retinei. Astfel, în cazul unui unghi vizual suficient de mare, percepţia culorii este normală în toate punctele foveii centrale, în vreme ce, în cazul unui unghi vizual mic, ea devine slabă, de asemenea, în toate punctele. Pe această bază, Hartridge respinge ipoteza lui König despre rolul pigmentaţiei înalte a petei galbene, ca

și punctul de vedere al lui Willmer, care pune modificările percepției pe seama absenței bastonașelor din această zonă.

Trebuie arătat însă că mărimea unghiului vizual nu acționează univoc și constant asupra percepției culorilor, ci influența lui se schimbă în funcție de intensitatea luminii. Între cele două variabile, stabilindu-se raporturi invers-proporționale, se poate compensa influența perturbatoare a uneia sau alteia din ele asupra desfășurării normale a recepției culorilor.

În afara celor trei factori fizici analizați mai sus, mai sînt, desigur, și alții care intervin și condiționează dinamica și chiar conținutul reflectoriu al percepției culorilor — gradul de transparență a mediului de propagare a razelor luminii colorate, structura (configurația) cîmpului perceptiv extern, unghiurile de cădere a razelor luminoase pe suprafețele obiectelor etc.

Nu poate fi încheiată analiza sumară a complexului proces de percepere a culorilor, fără a releva și influența pe care o exercită unii factori ce țin de subiectul observator însuși. Primul este *orientarea generală* a subiectului. Prin aceasta nu înțelegem o simplă reacție de ,,trezire'' la apariția în cîmpul vizual a unei culori, sau de menținere a aparatului receptor la nivel funcțional corespunzător. ci o stare complexă în care pe lîngă reacțiile primare de explorare și fixare, se includ o multitudine de aspecte ce țin de dinamica internă a personalității: semnificație și scop, tendințe și impulsuri spre acțiune și intensitatea lor, procese emoțional-afective și caracterul lor etc. În funcție de structura concretă a acestei stări, de dinamica ei, unul și același obiect va fi perceput diferit din punct de vedere al coloritului de diferiți subiecți sau chiar de același subiect în momente și împrejurări diferite.

La culoarea reală a obiectului se adaugă anumite obertonuri subiective, care fac ca ea să-și modifice saturația sau luminozitatea. În psihologie se consemnează multe cazuri, cînd înfățișarea tabloului coloristic al lumii (naturii) are tendința de a se deplasa fie în direcția creșterii saturației, devenind ,,dur'', ,,cernit'' etc., fie în direcția creșterii luminozității, devenind ,,îmbietor'', ,,ușor'' în funcție de dispoziția subiectului. Experimental, se poate arăta că dacă un obiect de culoare galbenă dar pe fond gri este iluminat de la o sursă artificială suficient de puternică, el va fi perceput în tonalitate alburie în cazul cînd subiectului i s-a format anterior montajul că lumina sursei este gălbuie în raport cu lumina diurnă (fondul va fi perceput atunci în tonalitate galbenă) și galben ,,pur'', dacă subiectului i se formează montajul că lumina sursei are aceeași tonalitate ca lumina diurnă (fondul va părea în acest caz albăstrui) (B. Judd, 1940, D. Wright, 1958). Să

presupunem că subiectului i se dă sarcina sau el singur are interes să privească partea umbrită a unui obiect (avînd tot culoarea galbenă). Dacă el urmărește lumina care pornește de pe această parte, o va vedea verde în comparație cu culoarea părții iluminate a obiectului, mai ales dacă culoarea galbenă a obiectului este foarte pură, sau în orice caz, dacă tinde mai mult spre verde decît spre portocaliu. Dacă însă subiectul va încerca să determine culoarea obiectului însuși, atunci el va vedea același galben, fără o deplasare serioasă a tonului cromatic. În fine, dacă pe obiectul percepției apare o umbră de la un obiect ascuns, dar în așa fel ca să nu se observe că este umbră, subiectul o va percepe ca o pată galben-verzuie. Aceasta este o iluzie cromatică veritabilă (H. Helson, B. Jeffers, 1940). Montajul anterior, modificînd permanent raportul dintre figură și fond, face să oscileze însușirile cromatice percepute. Dacă subiectul este montat să se concentreze numai asupra obiectelor-figură și să neglijeze ambianța în care sînt date ele (fondul), atunci el va percepe culoarea acestora într-un fel; dacă încearcă se reliefeze și culoarea ambianței, imaginea inițială se va modifica.

În concluzie, percepția culorii nu este un efect simplu care să reproducă în mod mecanic, fotografic însușirile în sine ale culorii obiectelor, ci un proces, o activitate de reflectare complexă, dinamică, determinată de interacțiunea specifică dintre factorii fizici externi și cei subiectivi, interni, în care se împletesc într-un tot unitar fenomenele de *constanță* cu cele de *fluctuație*. În ultima instanță, culoarea ajunge să fie adecvat cunoscută, apreciată și folosită nu numai senzorial, ci și conceptual, categorial.

8
Efectul psihofiziologic al culorilor

Fiecare culoare influențează într-un mod specific asupra omului. Aci trebuie să distingem două aspecte: pe de o parte, efectul fiziologic general asupra proceselor care se petrec în interiorul organismului; pe de altă parte — rezonanța psihologică propriu-zisă, legată de evocarea sau stimularea unor asociații cu diverse semnificații.

Culoarea nu este percepută pur și simplu, ci ea este interpretată, dincolo de o anumită nuanță tinzîndu-se să se surprindă trăiri, intenții și atitudini. Se stabilește astfel o asemenea interacțiune între om și

culoare, în cadrul căreia nu numai ,,sufletul'' omului reflectă culoarea, dar şi culoarea reflectă, într-un sens, ,,sufletul'' omului. Este lucru constatat că atunci cînd cineva se află într-o stare de depresiune psihică (mîhnire, supărare, durere) manifestă mai multă receptivitate şi ecou pentru culorile de nuanţe şterse, sumbre, tinzînd chiar activ să se refugieze în ambianţa lor. Dimpotrivă, într-o stare de exaltare (bucurie, veselie, încîntare etc.) se remarcă o creştere a sensibilităţii pentru tonurile din partea de mijloc a spectrului şi îndeosebi pentru nuanţele cu luminozitate mare.

Încă Göethe evidenţia influenţa culorilor asupra dispoziţiei omului, împărţindu-le, din acest punct de vedere, în două grupe: a) excitatoare, stimulatoare, înviorătoare, şi b) deprimante, detonifiante. În prima categorie el includea culorile de factura roşu-galben, iar în cea de-a doua — pe cele albastru-violete. Un loc intermediar acorda verdelui, pe care-l considera că facilitează o stare de împăcare odihnitoare, de relaxare. Féré a constatat că indicaţiile dinamometrului, cu ajutorul căruia se măsura forţa musculară, se modifică în dependenţă de caracterul cromatic al iluminatului.

În problema influenţei psihofiziologice generale a culorilor asupra omului a devenit clasică cercetarea lui Ştefănescu-Goangă. El a stabilit că acţiunea culorilor: roşu, portocaliu, galben determină accelerarea şi amplificarea respiraţiei şi pulsului, iar acţiunea culorilor: verde, bleu, albastru şi violet are un efect opus. Prin urmare, prima grupă de culori poate fi denumită excitatoare, cea de a doua — liniştitoare.

În zilele noastre se acordă o atenţie deosebită problemei efectelor psihofiziologice ale culorilor în toate ramurile psihologiei aplicate. Se recunoaşte în unanimitate că culoarea reprezintă un mijloc eficient atît pentru stimularea activităţii creatoare şi de producţie a omului, cît şi pentru asigurarea unui mediu prielnic de odihnă şi reconfortare.

Dăm mai jos un tablou orientativ al efectelor psihofiziologice ale principalelor culori ale spectrului:

Culoarea de bază	*Efectul psihofiziologic*
Roşu	*Excitare, aprindere, însufleţire, activism, mobilizare, agresiune, abundenţă asociativă, apropiere.*
Portocaliu	*optimism, veselie, îmbiere.*
Galben	*căldură, intimitate, tandreţe, satisfacţie, admiraţie, înviorare.*

(continuare)

Culoarea de bază	*Efectul psihofiziologic*
Verde	*liniște, împăcare, relaxare plăcută, abundență de asociații libere, echilibru, contemplare.*
Albastru	*seriozitate, sentimentalism, dor, nostalgie, tendință spre evocare, spațialitate, îngăduință, pace.*
Violet	*contradictoriu: în același timp atracție și îndepărtare, optimism și nostalgie.*
Negru	*reținere, neliniște, depresie, introversiune, înduioșare.*
Alb	*expansiune, ușurință, suavitate, robustețe, puritate, răceală.*

9
Teoriile recepției cromatice

Complexitatea procesului recepției cromatice poate fi dovedită și de faptul că, în ciuda numeroaselor cercetări experimentale efectuate și a uriașului material faptic acumulat în decurs de un secol (de cînd se desprinde psihofiziologia organelor de simț) nu s-a ajuns nici pînă astăzi la elaborarea unei teorii închegate care să permită o explicație exhaustivă, de pe pozițiile unor principii unitare, a întregii diversități a fenomenelor cu care avem de-a face în acest domeniu. La sfîrșitul secolului trecut, consemnăm declanșarea unei polemici ascuțite între partizanii teoriei tricromatice (Joung, Helmholtz) pe de o parte, și ai celei tetracromatice (Hering) pe de alta. Cercetările experimentale au dat treptat cîștig de cauză primei teorii și, ca urmare, disputa a slăbit. Teoria tricromatică a căpătat o recunoaștere aproape generală, îndeosebi în psihologie. Potrivit variantei clasice a acestei teorii, senzația culorii ia naștere ca urmare a descompunerii a trei substanțe fotosensibile ipotetice, fiecare din ele posedînd spectrul său de absorbție. Descompunerea moleculelor eliberează ioni, care în anumite condiții (psihofiziologice) declanșează procesul excitației nervoase specifice. Helmholtz presupune existența în aparatul vizual a trei tipuri de fibre nervoase. Excitarea izolată a acestor fibre provoacă, după el, senzații maximal saturate de roșu, verde și violet. În mod obișnuit, lumina

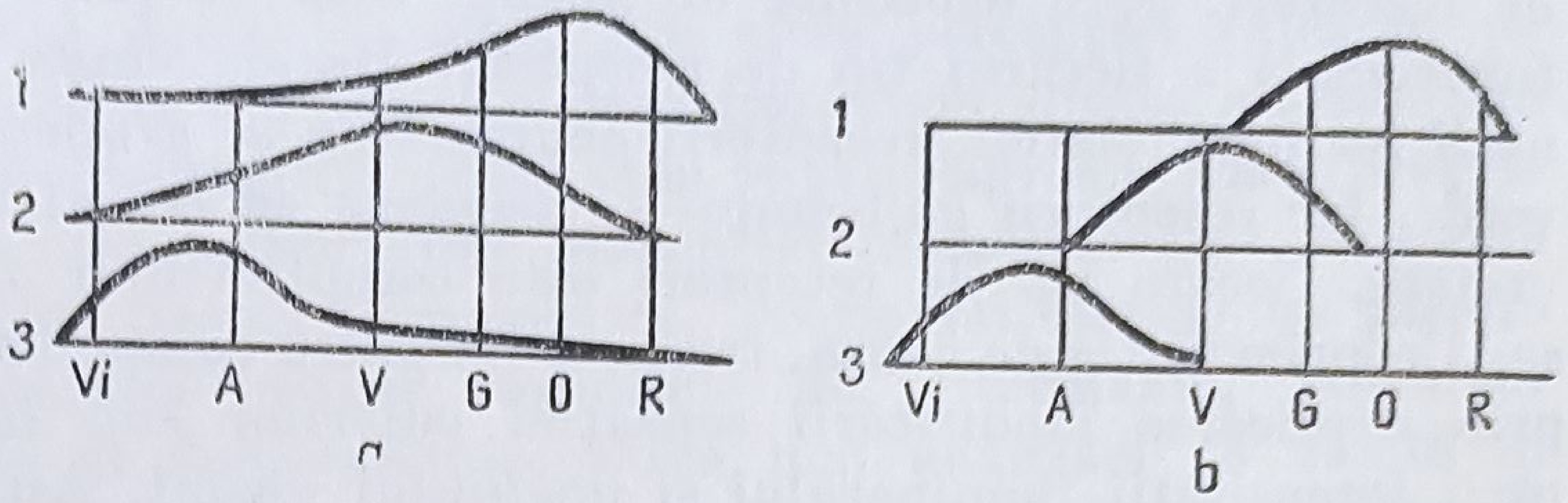


FIG. 29. REPREZENTAREA GRAFICĂ A PRINCIPIILOR TEORIEI TRICROMATICE (DUPĂ HELMHOLTZ):
a. curbele excitării receptorilor la omul normal; *b.* curbele excitării receptorilor la protonormali; 1. curba stimulării receptorului de roșu; 2. curba stimulării receptorului de verde; 3. curba excitării receptorului de albastru

impresionează nu o singură fibră (canal), ci pe toate trei în același timp, dar în proporție diferită. Prin urmare, noi avem de-a face cu senzații impure, rezultate din interacțiunea tuturor celor trei „canale" senzoriale. Fiecare modificare a raporturilor de intensitate în excitarea substanțelor menționate determină o calitate nouă a senzației. Datorită acestui fapt, cu toate că nu avem de-a face decît cu trei excitații fundamentale ale sistemului vizual, subiectul uman poate diferenția 12—15 000 de nuanțe cromatice, care se deosebesc între ele după ton cromatic, saturație și luminozitate.

Acțiunea îndelungată asupra ochiului a unei anumite culori determină încălcarea raporturilor de corespondență dintre intensitatea celor trei procese fotochimice. Ca urmare, se modifică sensibilitatea vizuală față de diferitele lungimi de undă și în percepție se înregistrează efectul adaptării și fenomenul contrastului succesiv. Esența teoriei tricromatice este redată grafic în fig. 29. Teoria tricromatică a domnit nestingherită pînă în prima jumătate a secolului nostru. Datele obținute pe baza metodelor electrofiziologice și măsurătorilor psihofiziologice, precum și observațiile clinice au pus tot mai mult la îndoială ipoteza existenței doar a trei tipuri de receptori: de undă lungă, mijlocie și scurtă.

Printre altele, teoriei tricromatice i se reproșează incapacitatea de a explica satisfăcător fenomenul amestecului culorilor, dinamica diferențierii tonurilor cromatice și a saturației, efectul direcțional al retinei și constanța culorii albe, în ciuda modificării intensității iluminatului (în sus sau în jos) sau a unghiului vizual.

Teoria tetracromatică. Teoria celor patru componente, după cum arată și numele, postulează existența a 4 culori fundamentale: roșu, galben, verde, albastru și, corespunzător acestora, existența a 4 tipuri

de receptori. Spre deosebire de Joung, care susținea individualitatea funcțională a fiecărui tip de receptori, Hering emite ipoteza funcționării lor pare. Astfel, receptorii pentru roșu se grupează cu cei pentru verde, iar receptorii galbenului se asociază cu cei ai albastrului. Prin urmare, fiecare tip de receptori este complimentar față de perechea sa. Un prim cîștig de cauză, teoria celor patru componente îl dobîndește prin explicarea modificării senzației culorilor sub influența modificării intensității iluminatului și unghiului vizual. Astfel, se arată că, în condițiile unor valori medii ale iluminatului și unghiului vizual, funcționează toate cele patru tipuri de receptori; pe măsura micșorării uneia din aceste variabile, scade treptat rolul mecanismului „galben-albastru", în vreme ce activitatea aparatului „purpur-albastru-verde" se accentuează pînă cînd se atinge așa-numitul stadiu al dicromatismului purpur-verde. Ca urmare a deconectării primului mecanism, se produce micșorarea luminozității fîșiilor galbenă și albastră ale spectrului (fenomen care în grafic apare în forma depresiilor curbei în regiunea galbenului — Sloan și Wright — și albastrului — Thomson). Mecanismul al doilea rămînînd conectat, funcționează intens sub acțiunea părții de undă lungă a spectrului și la un nivel mai scăzut sub acțiunea fîșiei ultra-violete. Întrucît excitația este determinată de culori complementare iar curbele se acoperă reciproc, înseamnă că în spectru trebuie să fie două puncte neutre: unul undeva între roșu și albastru-verzui, altul între albastru-verzui și violet. Willmer și Wright (1946) au descoperit două asemenea puncte: unul în zona galbenului (570 mu) și altul în zona albastrului (410 m μ).

Teoria lui Hering explică satisfăcător și modificările imaginii percepției cromatice în cazul creșterii intensității iluminatului sau deplasării imaginii de la centrul retinei spre porțiunile ei laterale. De data aceasta se produce o inversare a raporturilor funcționale dintre receptori: mecanismul „vișiniului-albastru-verde" își slăbește treptat activitatea și, în ultima instanță, se deconectează; în schimb, mecanismul galben-albastru își intensifică funcția pînă la apariția stadiului de dicromatism galben-albastru. Corespunzător, în percepție se constată creșterea saturației și luminozității culorilor din zona galbenului și albastrului; culoarea roșie este percepută cu o notă mai puternică de portocaliu, iar cea violetă cu o notă mai pregnantă de albastru, decît de obicei. Cercetările lui Stiles și Crowford (1947) asupra dinamicii modificării intensității razelor pe măsura lateralizării trecerii lor prin pupilă par să pledeze în favoarea existenței unui mecanism receptor special pentru fîșia galbenă a spectrului — deci să confirme teoria celor 4 componente.

Deşi într-o serie de aspecte această teorie are prioritate în fața celei tricromatice, există unele fenomene din sfera percepției culorilor pe care ea nu poate să le explice. Cel mai important dintre acestea este aşa-numita cecitate cromatică. După cum se ştie, aproape toate probele pentru diagnosticarea tulburărilor percepției cromatice sînt elaborate pe baza principiilor teoriei tricromatice. Teoria lui Hering nu găseşte o explicație plauzibilă pentru variantele de dicromazie, îndeosebi pentru protanopie şi deuteranopie. Dacă mai adăugăm că rămîn în umbră şi asemenea aspecte ca diferențierea tonurilor cromatice şi influența efectului direcțional al retinei asupra cromaticității culorilor, se degajă clar concluzia că, cel puțin în forma ei clasică, nici această teorie nu poate pretinde la o recunoaştere unanimă şi la dreptul de exclusivitate. Deci, ea nu poate înlătura teoria tricromatică.

Teoria policromatică. Încă Wundt, nesatisfăcut de teoria lui Joung, dezvoltă o primă formă a teoriei policromatice. De la bun început, el distingea două mecanisme: unul pentru perceperea culorilor şi altul pentru perceperea luminii.

În cadrul celui dintîi, preconiza existența mai multor tipuri de receptori, specializați pentru perceperea unor fîşii relativ înguste ale spectrului electromagnetic. Ulterior, ipoteza policromatismului a fost preluată de Edrige-Green (1920) şi de Granit (1933). Dar în forma ei contemporană, teoria policromatică se leagă de numele lui Hartridge. Iată, pe scurt, conținutul acestei teorii. Se postulează existența a şapte tipuri de receptori, care dau opt curbe de excitație: 1) pentru roşu şi violet, 2) pentru portocaliu; 3) pentru galben, 4) pentru verde, 5) pentru albastru-verzui (complementari față de primii), 6) pentru albastru (complementari față de receptorii de galben) şi 7) pentru albastru-violet.

Teoria policromatică explică satisfăcător următoarele fenomene ale recepției culorilor: 1) existența mai multor puncte de fixare diferite (descoperite de Hartridge (1947); 2) existența unui număr relativ mare de culori subiective specifice, care se pun în evidență prin metoda microstimulației; 3) modificările aspectului curbelor de diferențiere a tonurilor cromatice ca urmare a efectului direcțional al retinei; 4) tulburarea discriminării culorilor sub influența modificării unghiului vizual, iluminatului şi adaptării.

Constatăm că în unele puncte teoria policromatică se aseamănă cu teoria celor patru componente ale lui Hering. Astfel, ca şi aceasta, ea admite: 1) existența unor perechi de receptori (două) complementari unii față de alții (vişiniu şi albastru-verzui, galben şi albastru); 2) apa-

riția senzației culorii albe prin excitarea ambelor perechi cu lumină albă; 3) deconectarea elementului unei perechi în urma încetării activității celuilalt, datorită modificării condițiilor de recepție. (Adică, ambele elemente ale perechii alcătuiesc o unitate funcțională indestructibilă). Pe de altă parte, în explicarea altor fenomene, ca de pildă recepția foveală normală a culorilor — diferențierea clarității și saturației, vederea crepusculară — teoria policromatică se apropie de teoria tricromatică a lui Joung. Prin urmare, am putea spune că ea reprezintă o încercare de integrare într-un corp unitar a teoriei tricromatice și a celei quadricromatice, prin introducerea unor verigi suplimentare de legătură. De altfel, însuși Hartridge arată că cele două teorii nu trebuie analizate în sine și acceptate sau respinse exclusivist, deoarece în realitate, ele se completează reciproc.

Așa-numitele teorii ale activității conjugate a receptorilor pot fi considerate ca variante ale teoriei policromatice. Admițînd ipoteza realizării procesului recepției prin participarea mai multor tipuri de mecanisme receptoare, reprezentanții teoriei interacțiunii consideră că aceste mecanisme se formează prin combinarea variată a celor trei receptori de bază preconizați de Joung. Astfel, teoretic, s-ar putea obține două variante de combinații. Prima variantă duce la „crearea" a încă trei tipuri suplimentare de receptori: de galben — prin asocierea fibrelor de roșu cu cele de albastru; de albastru-verzui prin îmbinarea fibrelor receptorilor de verde și a celor de albastru, și, în sfîrșit, de *vișiniu* — prin unirea receptorilor de roșu și albastru.

Varianta a doua preconizează obținerea a patru tipuri suplimentare de receptori: de purpuriu, galben, albastru-verzui și indigo (S. Kravkov, 1951).

Granit imaginează un alt mod de interconectare a receptorilor. El presupune că modulatorii pentru oranj și galben formează laolaltă mecanismul receptor de undă lungă (corespunzînd receptorilor de roșu în teoria Joung); trei modulatori pentru verde (avînd maximul excitației în punctele 540, 520 și 500 mμ) formează mecanismul recepto pentru verde din teoria tricromatică, iar cei doi modulatori de albastru alcătuiesc mecanismul pentru recepția undelor albastre. Astfel stînd lucrurile, ar însemna că, deși în retină se pot distinge șapte tipuri de receptori, avem de-a face doar cu trei mecanisme de excitație. Cu alte cuvinte, în vreme ce retina este construită după principiile policromatismului, procesul recepției se desfășoară după principii tricromatice.

Teoria interacțiunii nu rezistă însă verificării experimentale prin proba microstimulației a lui Holmgren și prin proba efectului lui Stiles-Crawford.

Din expunerea de mai sus nu este greu de observat că întreaga discuție se învîrtește în jurul retinei, în vreme ce verigile superioare ale sistemului vizual sînt complet neglijate, sau li se atribuie un rol cu totul minor. Or, cercetările electrofiziologice, datele neurologice și observațiile clinice demonstrează că segmentele corticale, prin legăturile lor cu retina, participă în întregul proces de recepție și prelucrare a undelor electromagnetice.

Nu putem înțelege recepția cromatică decît admițînd teza că stimulul specific este acela care-și creează receptorul. De aceea, dacă este vorba să căutăm neapărat elemente diferențiate structural și funcțional în cadrul sistemului vizual, apoi atunci trebuie să facem acest lucru prin raportare permanentă la particularitățile structurale ale stimulului luminos. Devine astfel evident că, în primul rînd s-a elaborat mecanismul codificării intensității (cantității energiei radiare) — aparatul bastonașelor. Întrucît amplitudinea și frecvența undei electromagnetice formează o unitate materială nedezmembrabilă, în procesul evoluției s-a elaborat apoi mecanismul de codificare a lungimii de undă. Astfel apare vederea cromatică, care se va complica și diversifica continuu, ajungînd la forma pe care o întîlnim la omul contemporan.

Undele electromagnetice, posedînd și o anumită caracteristică de „formă" sau „periodicitate", evoluția ulterioară a sistemului vizual a constat în diferențierea unui nou mecanism de codificare. Așadar, noi am găsi în cadrul sistemului general al analizatorului vizual trei mecanisme principale de codificare a stimulului luminos: pentru intensitate (amplitudine), pentru lungimea de undă (și respectiv frecvența) și pentru formă.

În cadrul acestora presupunem necesară existența unor subsisteme cu rol modulator, selector, prin care se realizează diferențieri de nuanțe în limitele fiecărei modalități cromatice. De aci rezultă că întreaga activitate a sistemului aferent vizual se subordonează și se calchează pe particularitățile specifice ale stimulului, asigurînd în ultimă instanță, reflectarea lui adecvată (și progresiv adecvată). Cînd afirmăm că mecanismele de codificare a însușirilor stimulului s-au elaborat treptat în procesul evoluției (și că perfecționarea lor continuă) am luat sistemul vizual integral la toate nivelurile sale de organizare, iar nu numai veriga periferică.

V

RECEPȚIA AUDITIVĂ

La om, sistemului auditiv trebuie să-i acordăm un loc special în ierarhia celorlalți analizatori, el avînd o semnificație excepțională pentru întreaga dezvoltare psihică. Credem că nu este nici o exagerare în afirmația că, de fapt, auzul joacă rolul primordial în formarea structurilor superioare de esență socială ale psihicului uman. Aceasta decurge din funcția specifică a lui de analizator unic al seriilor sunetelor verbale care constituie purtătorii celei mai înalte forme de informație. Întrucît limbajul este unul din instrumentele fundamentale care asigură dezvoltarea spirituală a individului (el fiind purtător al experienței de cunoaștere a omenirii, mijloc de obiectivare și fixare a rezultatelor propriei activități de cunoaștere, mijloc de vehiculare a cunoștințelor și factor de reglare și autoreglare) rezultă că și sistemul aferent prin intermediul căruia se realizează el structural dobîndește o valoare funcțională deosebită.

Pe de altă parte, analizatorul auditiv îndeplinește un rol tonifiant în planul intern al reflectării senzoriale. De activitatea lui este legată acea consonanță sui generis dintre om și lumea înconjurătoare: subiectul uman, în ansamblu, este un mare „rezonator", care răspunde cu toate strunele sale la vibrațiile sonore variate și multinuanțate ale obiectelor pe care le percepe. Aceasta creează trăirea prezenței plenare, permanente în realitate. Se cunosc efectele negative, pe plan psihologic, ale izolării acustice îndelungate. În condițiile date, omul încearcă chinuitoarea senzație de rupere a contactului cu lumea, de „epuizare" interioară, fiind cuprins treptat de o stare depresivă care, dacă se prelungește peste anumite limite, devine nocivă pentru integritatea psihică.

Subliniem aceste cîteva idei generale despre importanța sistemului auditiv, deoarece, de obicei, analizîndu-se doar caracteristicile funcției sale reflectorii nemijlocite, se conchide că senzațiile auditive au o valoare cognitivă mai mică decît alte modalități (îndeosebi decît cele tactile și vizuale). Se invocă argumentul că ele nu redau „obiectualitatea" lucrurilor, ci numai însușirile vibratorii, care sînt mai puțin

semnificative. De aci tendința de minimalizare a valorii funcționale a sistemului auditiv în general.

Se impune o revizuire a modului de interpretare chiar a specificului conținutului reflectoriu al percepției auditive. Acesta nici pe departe nu este mai „simplu" și mai „sărac" decît conținutul reflectoriu al percepției vizuale.

Desigur, dacă reducem funcția auditivă doar la surprinderea însușirilor vibratorii ale corpurilor fizice, atunci conținutul ei este și mai simplu și mai puțin semnificativ, din punct de vedere cognitiv, decît cel al recepției vizuale. În realitate, aceasta este doar numai o latură a recepției auditive, filogenetic cea mai veche. Ea nu este specific umană, fiind proprie în egală măsură și animalelor. Există însă și o a doua latură, mult mai complexă, care se dezvoltă pe baza primei și care este proprie exclusiv auzului uman. Ea rezidă în recepționarea și prelucrarea adecvată a semnalelor verbale și a muzicii. Or, cuvîntul ca semnal materializează în sine produsul superior al activității de cunoaștere — sistemul generalizat de informații despre obiectele și fenomenele lumii înconjurătoare.

Aceasta ne obligă să tragem cel puțin două concluzii principale și anume: a) la nivelul omului, reflectarea auditivă capătă un pronunțat caracter *mijlocit* și *generalizat*, conținutul ei fundamental alcătuindu-l semnalele verbale; b) fiind raportată prin specificul său la limbaj, percepția auditivă capătă o semnificație cognitivă majoră. Analiza psihologică trebuie să releve rolul funcțional al acestei modalități senzoriale în perspectiva dezvoltării psihice generale a individului uman.

1
Natura și structura stimulului acustic

Modul de organizare structurală și funcțională a aparatului auditiv a fost determinat genetic de specificul stimulilor acustici. Acțiunea permanentă a acestor stimuli asupra organismului animal a dus treptat la formarea acelor mecanisme de recepție capabile să reproducă, în planul intern, după principiile izomorfismului, proprietățile obiective ale undelor sonore.

Noțiunea de sunet se folosește în două accepțiuni: în accepțiunea fizicii și în accepțiunea psihofiziologiei. Din punct de vedere fizic, sunetul consistă în mișcările oscilatorii ale unui corp (solid, lichid sau gazos) care se produc la atingerea lui cu un alt corp.

Din punct de vedere psihofiziologic, prin sunet se înțeleg acele vibrații mecanice care, transmise printr-un mediu elastic oarecare (aer, apă, corpuri solide) la organul auditiv al individului provoacă reacții și procese fiziologice și psihice corespunzătoare. Această distincție este necesară, în primul rînd, pentru a delimita sfera sunetelor perceptibile care reprezintă, de fapt, stimulii adecvați ai sensibilității auditive, de celelalte fenomene sonore care nu pot fi percepute de ureche. (Din punctul de vedere al esenței lor fizice, aceste fenomene nu se deosebesc de sunetele perceptibile). Rămînerea lor în afara registrului audibilității este cauzată de frecvența prea mare sau prea mică, sau de intensitatea prea slabă pe care o posedă.

Pe de altă parte, trebuie considerate inadecvate față de particularitățile structural-funcționale ale analizatorului auditiv al omului și acele vibrații care au o intensitate supraliminală, provocînd senzații nespecifice de durere și avînd un efect nociv.

Cea mai mare parte a autorilor contemporani consideră că aparatul auditiv al omului este adaptat pentru perceperea unui registru sonor cuprins între frecvențele 16 hz (limita inferioară) și 20 000 hz, (limita superioară)*. Sub 16 hz avem infrasunetele care, uneori, pot fi conștientizate sub forma unei presiuni intermitente la nivelul receptorului, peste 20 000 de hz. trecem în domeniul ultrasunetelor pe care omul nu le poate sesiza în mod conștient**.

Mișcarea vibratorie este dată de oscilația (deplasarea) unui corp în raport cu punctul său de echilibru stabil inițial. Oscilațiile au un anu-

* Cercetările au stabilit că unele animale (cîinii, liliecii etc.) pot recepționa vibrații cu o frecvență mult mai mare de 20 000 hz, putînd ajunge pînă la peste 80 000 hz.

** Frecvența vibrațiilor este factorul fundamental care determină diversificarea fenomenelor percepute de organele noastre de simț. Așa, de pildă, mișcările vibratorii cu frecvențe de la 10^{12} pînă la $4 \cdot 10^{14}$ C/S formează razele infraroșii. Cînd mișcările vibratorii ating frecvența de $4 \cdot 10^{14}$ C/S, se obține un fenomen fizic nou — lumina — care este excitantul specific al altui analizator — cel vizual. Vibrațiile cu o frecvență de la 10^{15} pînă la 10^{17} C/S dau razele ultraviolete. Cînd aceste vibrații ating frecvențe de 10^{18} C/S ia naștere un alt fenomen fizic — razele röntgen. Vibrațiile cu frecvența 10^{24} C/S, dau undele radio. După cum se vede, fenomenele vibratorii au un caracter universal în natură. Ele demonstrează larga gamă a trecerii schimbărilor cantitative în schimbări calitative. Aceasta are o mare importanță pentru înțelegerea naturii și esenței proceselor senzoriale, ca reflectare a diferitelor aspecte ale lumii obiective unitare.

mit mod de desfășurare în limitele unui anumit interval de timp. Din acest punct de vedere, vibrațiile se împart în două mari categorii: *periodice* și *aperiodice*. Exemplul cel mai concludent de mișcare periodică este așa-numita ,,vibrație armonică simplă''.

Sunetele care prin înregistrare spectrografică dau sinusoide cu aspect regulat sînt raportate la categoria tonurilor ,,absolut'' pure. Dar asemenea sunete ni le putem reprezenta doar teoretic pentru că, în realitate, aproape fiecare sunet este rezultatul combinării mai multor vibrații La frecvența de bază se mai adaugă un număr mai mare sau mai mic de frecvențe suplimentare (mai înalte) care conferă sunetului general o caracteristică specială — timbrul. Dacă vibrațiile suplimentare, după număr și tărie, nu ating un nivel prea mare, atunci sunetul poate fi denumit ,,simplu''. Un sunet dat se consideră încă ,,pur'' dacă sunetele suplimentare (așa-numitul clear factor) nu absorb mai mult de 10% din energia acustică. (I. Hirsh, 1952). Atunci, vom numi compus un asemenea sunet care, pe lîngă înălțimea tonului de bază, conține un număr de consonante (armonici). Sunetele în care nu se poate diferenția tonul de bază sînt percepute ca zgomote.

Să exemplificăm. Avînd o coardă de o anumită lungime și cu un anumit diametru, cu ajutorul ei putem obține sunete care să se apropie mai mult de tonurile pure sau sunete care să se apropie mai mult de zgomote. Aceasta va depinde, după cum am arătat, de numărul vibrațiilor suplimentare (parțiale) care se suprapun peste tonul de bază. Numărul acestor vibrații va depinde însă de modul concret folosit pentru scoaterea strunei din poziția de repaos și punerea ei în vibrație. Dacă întindem struna respectivă cu degetul din punctul de mijloc al lungimii ei, atunci toate punctele încep să vibreze cu aceeași fază, dar cu amplitudine diferită. Locul unde amplitudinea vibrațiilor este maximă poartă numele de mănunchi (snop), iar locul unde această amplitudine este minimă sau nulă se numește nod (punct de fixare).

Dar dacă atingem coarda cu un corp oarecare (un ciocănel sau un arcuș), atunci se poate întîmpla ca ea să se dividă în 2, 3, 4 etc. segmente (zone vibratorii) — (fig. 30). Ca urmare, se formează așa-numitele unde statice, cu cîteva noduri și mănunchiuri, iar fiecare segment, la rîndul lui, începe să vibreze după legile vibrației armonice. Atunci, pe lîngă tonul de bază, ia naștere o serie întreagă de vibrații armonice superioare (obertonuri) care conferă sunetului timbrul specific.

De obicei, se consideră că sunetul diapazonului este ,,pur''. Afirmația trebuie luată într-un sens relativ. Se dovedește că, în momentul vibrării diapazonului, între cele două brațe ale sale se formează puncte nodale și mănunchiuri secundare care dau armonici corespunzătoare.

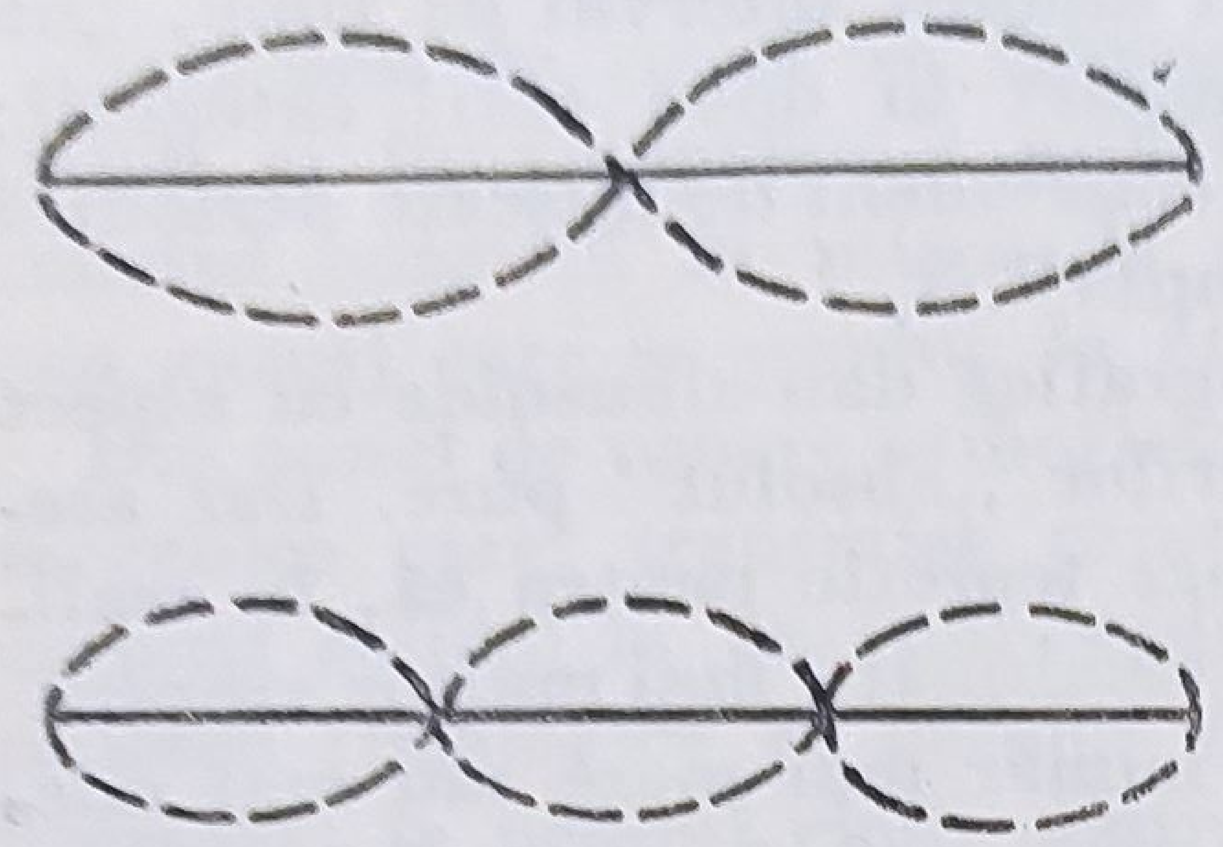


FIG. 30. VIBRAȚIILE COMPLEXE ALE UNEI STRUNE

Pe de altă parte, dacă nu ținem corpul sonor (în cazul nostru — diapazonul) exact în punctul nodal, vibrațiile sale se atenuează și se creează condițiile pentru apariția unor noduri suplimentare.

Reprezentînd grafic un sunet compus, sinusoida descrisă mai sus suferă importante modificări. Vibrațiile armonice simple, fuzionînd între ele, dau o vibrație nouă care și ea posedă caracteristica periodicității, dar forma ei grafică se deosebește fundamental de sinusoida sunetului simplu. Forma curbei vibrației compuse depinde nu numai de amplitudinile și perioadele vibrațiilor conjugate, ci și de diferența dintre fazele lor (saltul, deplasarea fazelor). Prin fuzionarea a două vibrații cu aceeași perioadă și aceeași fază se obține o sinusoidă regulată cu o amplitudine egală cu suma algebrică simplă a celor două conjugate (fig. 31). Fuzionarea a două vibrații cu aceeași perioadă, dar cu faze opuse

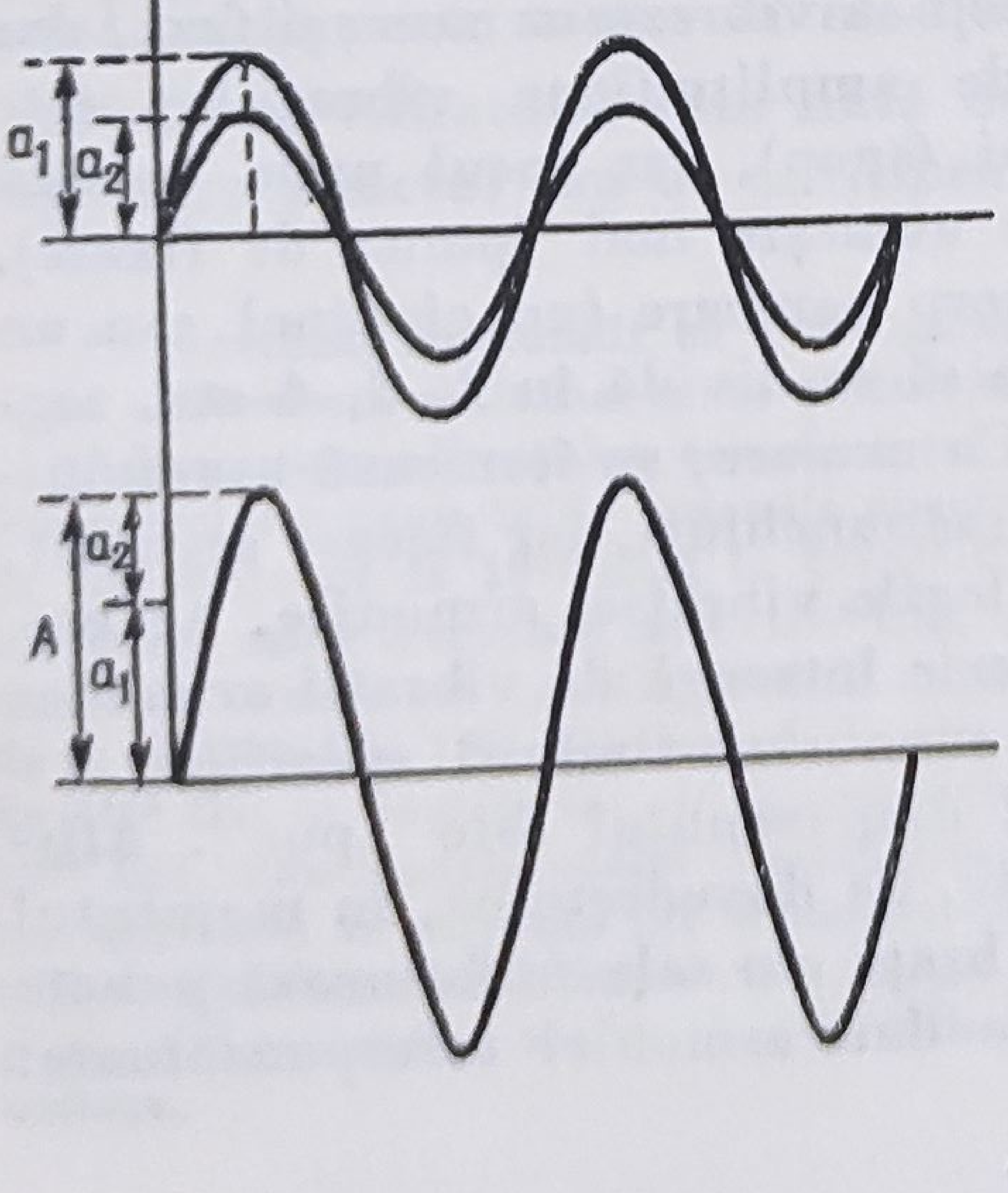


FIG. 31. ADIȚIUNEA A DOUĂ VIBRAȚII CU ACEEAȘI PERIOADĂ ȘI ACELEAȘI FAZE

(cînd deplasarea fazelor este egală cu 180°) dă naştere la o sinusoidă cu amplitudinea egală cu diferenţa dintre amplitudinile celor două conjugate (fig. 32). Dacă, în acest caz, amplitudinile ambelor vibraţii sînt egale ca mărime, interacţiunea lor va da o rezultantă cu amplitudinea zero, întrucît nu se va produce nici un fel de vibraţie. Dacă, însă, diferenţa fazelor celor două conjugate este mai mare sau mai mică de 180°, forma curbei rezultate îşi pierde caracterul său regulat de sinusoidă (fig. 33). Prin fuzionarea cîtorva vibraţii cu perioade şi deplasări de fază diferite şi care pe deasupra mai au şi direcţii diferite, rezultanta poate lua cele mai neobişnuite forme (figurile lui Lissajou).

Adesea, curba vibraţiei ce rezultă din fuzionare are o formă dinţată. Cu cît este mai mare numărul conjugatelor, cu atît în curba respectivă vor fi mai multe vîrfuri. Asemenea curbă complexă poate fi descompusă într-o serie de sinusoide ale căror frecvenţe sînt în raporturi de 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5 etc. cu frecvenţa de bază. De exemplu, fiind dată frecvenţa de bază 500 C/S, ea poate avea armonice de 1000, 1500, 2000, 2500 C/S etc. Fenomenul acustic cel mai interesant se obţine prin fuzionarea a două vibraţii cu aceeaşi amplitudine, dar care se deosebesc puţin după frecvenţă. În acest caz, se constată o creştere foarte lentă a diferenţei fazelor celor două vibraţii; de aceea, amplitudinea rezultantei, în anumite momente, va fi cînd maximă (cînd fazele celor două vibraţii sînt identice), cînd minimă sau egală cu zero (cînd fazele ambelor vibraţii sînt opuse). Se obţine o curbă de creşteri şi scăderi perio-

FIG. 33. ADIŢIUNEA A DOUĂ VIBRAŢII CU ACEEAŞI PERIOADĂ, DAR CU DIFERENŢA DE FAZĂ 90°

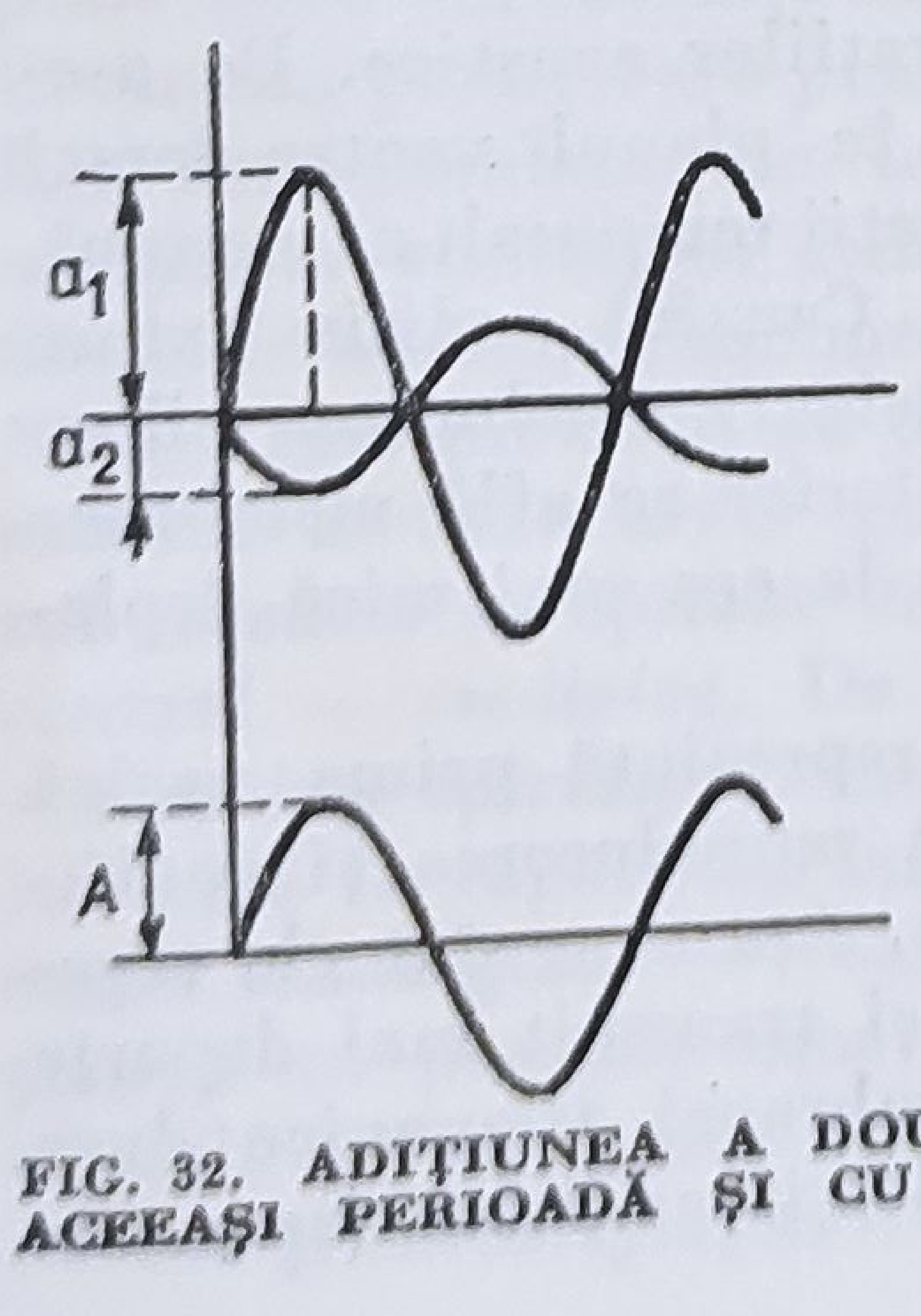


FIG. 33.

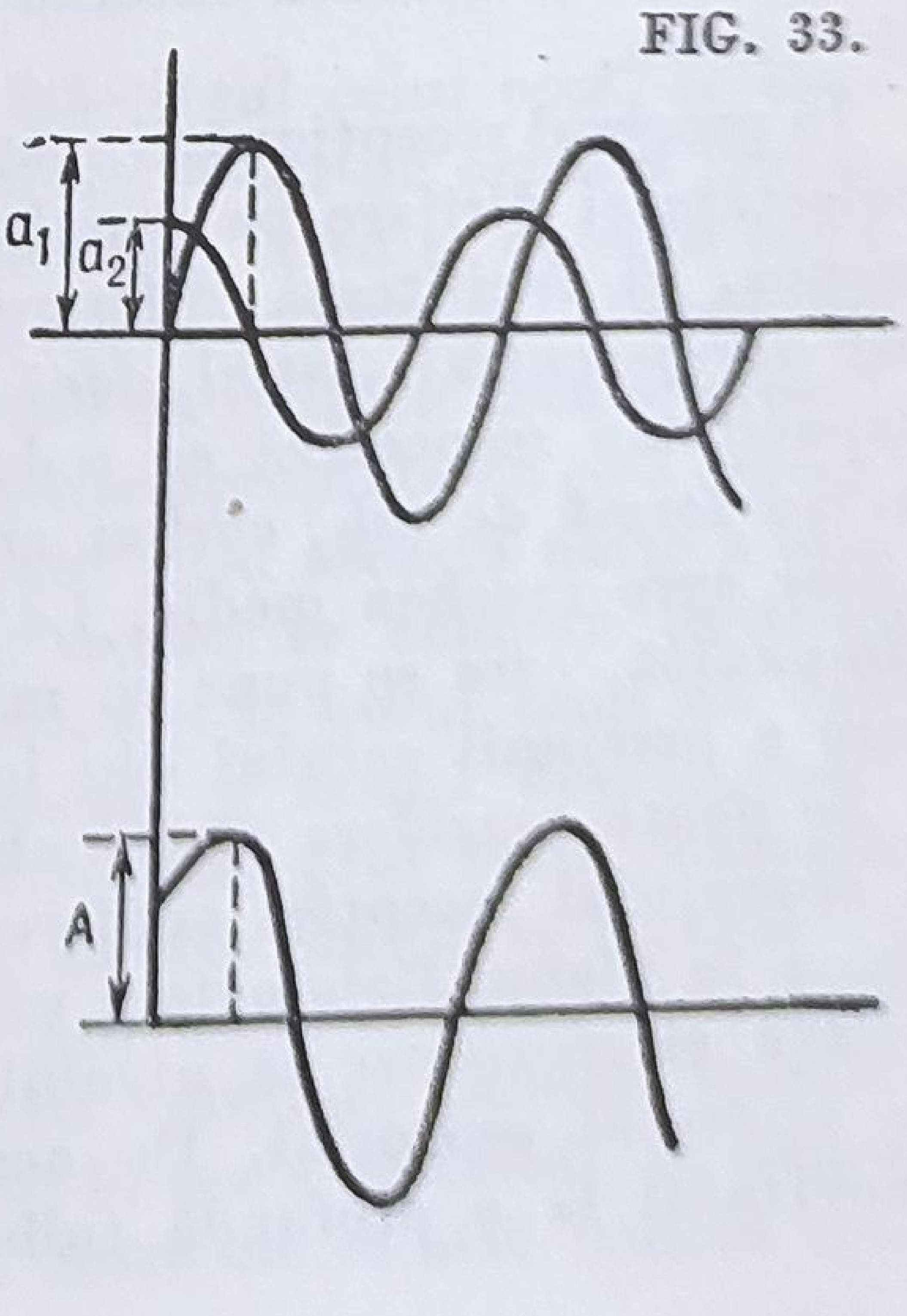


FIG. 32. ADIŢIUNEA A DOUĂ VIBRAŢII CU ACEEAŞI PERIOADĂ ŞI CU FAZE OPUSE

dice ale amplitudinii. Fenomenul acustic corespunzător poartă numele de bătaie. Dacă frecvenţa unei vibraţii este egală cu X, iar a celeilalte — cu $X + Y$, atunci se va obţine un ton nou, cu frecvenţa vibraţiilor egală cu Y. Astfel dacă fuzionăm două vibraţii — una de 100 C/S, iar cealaltă de 110 C/S — atunci, în cursul fiecărei secunde, cele două vibraţii se vor întîlni de 10 ori în aceeaşi fază şi tot de atîtea ori în faza opusă. Ca urmare, se va obţine o nouă vibraţie periodică de 10 C/S. Cunoaşterea fenomenului „bătăii" sunetului prezintă o deosebită importanţă practică pentru calcularea proprietăţilor rezonatorii şi acustice ale sălilor de concerte şi pentru construirea generatoarelor electrice moderne.

2
Structura aparatului auditiv

Din punct de vedere structural general, sistemul auditiv se împarte în trei verigi principale: veriga periferică, căile aferente cu centrii intermediari şi veriga centrală (zonele corticale de proiecţie care realizează analiza fină a semnalelor acustice).

În prima verigă se includ: urechea externă, urechea mijlocie şi urechea internă. Urechea externă se compune din pavilion şi canalul auditiv extern.

În procesul recepţionării, pavilionul îndeplineşte un rol auxiliar — de colectare şi dirijare pe canalul auditiv a vibraţiilor acustice. De asemenea, el facilitează diferenţierea sunetelor în planul ventro-dorsal sau dorso-ventral. Astfel, dacă se fixează de pereţii temporali ai capului, capacitatea respectivă se reduce considerabil. Canalul auditiv extern avînd formă de tub, curbat antero-posterior, asigură conducerea vibraţiilor spre urechea medie. La capătul său posterior se află membrana timpanică, care se pune în mişcare oscilatorie la cea mai mică deplasare a presiunii aerului din interiorul lui.

Se poate considera că membrana timpanică reprezintă prima verigă a aparatului recepţiei auditive care realizează reproducerea şi codificarea în planul fiziologic a vibraţiilor acustice. Aşa cum sînt ele organizate şi reproduse la nivelul timpanului se şi transmit mai departe la aparatul senzorial. De aceea, lezarea membranei timpanice duce inevitabil la o profundă tulburare a sensibilităţii auditive (creşterea

considerabilă a pragurilor senzoriale absolute, scăderea capacității de diferențiere fină a sunetelor). Prin membrana timpanică se separă urechea externă de cea mijlocie.

În urechea mijlocie sau cavitatea timpanică se găsește un lanț de oscioare — ciocănelul, nicovala, scărița, prin care se transmit vibrațiile membranei timpanice ferestrei ovale care se găsește în peretele despărțitor al urechii medii de cea internă. Aceste oscioare sînt puse în mișcare ondulatorie de către „vibrarea" membranei timpanice.

Mișcările celor trei oscioare reflectă, pe de o parte, gradul de tensiune a membranei timpanice, iar pe de alta — frecvența și amplitudinea vibrațiilor ei. Cu cît mișcarea lor este mai perfect sincronizată cu tempoul general al vibrației membranei timpanice, cu atît mai optimă și mai veridică va fi transmisiunea proprietăților obiective ale sunetului la organul senzitiv.

Elementul component fundamental al urechii interne este labirintul. Acesta este alcătuit în cea mai mare parte dintr-un sistem de cavități și tuburi, ascunse în profunzimea osului temporal. Se deosebesc două formațiuni labirintice: labirintul osos și labirintul membranos, care are aceeași configurație ca primul, dar dimensiuni mai mici, astfel că între ele rămîne un anumit spațiu; acest spațiu este umplut cu umoare apoasă, numită perilimfă, iar labirintul intern membranos este umplut cu un lichid asemănător — endolimfa. Labirintul osos se împarte în trei părți: vestibulul, canalele semicirculare și cochlea. Cochlea osoasă reprezintă în sine un tub care se răsucește în formă de melc.

Labirintul membranos, care se află în interiorul celui osos, se compune din două cavități care comunică între ele printr-un orificiu îngust. Cavitatea posterioară poartă numele de utriculă; în ea se deschid canalele semicirculare ale labirintului membranos. Cavitatea anterioară se cheamă saculă; ea comunică printr-un tub cu cochlea membranoasă. Canalele semicirculare membranoase sînt foarte apropiate de cele osoase; fiecare este prevăzut cu o ampulă. O secțiune prin această parte a aparatului auditiv arată că elementele sale osoase se compun dintr-un tub răsucit în spirală de două ori și jumătate în jurul unui ax osos central — *modiolus*. De la acest ax pornește o lampă despărțitoare — lamina spiralis — care împarte tubul trecînd prin toate curburile lui pînă la capăt. De marginea externă a acestei lamele se fixează un canal trimarginal — scala media — care prin capătul bazal face joncțiunea cu peretele osos extern al melcului spiralat. Lamina spiralis și scala media împart cavitatea tubului osos în scala vestibuli, în partea de sus și scala tympani, în partea de jos. Între ele se află lamina spi-

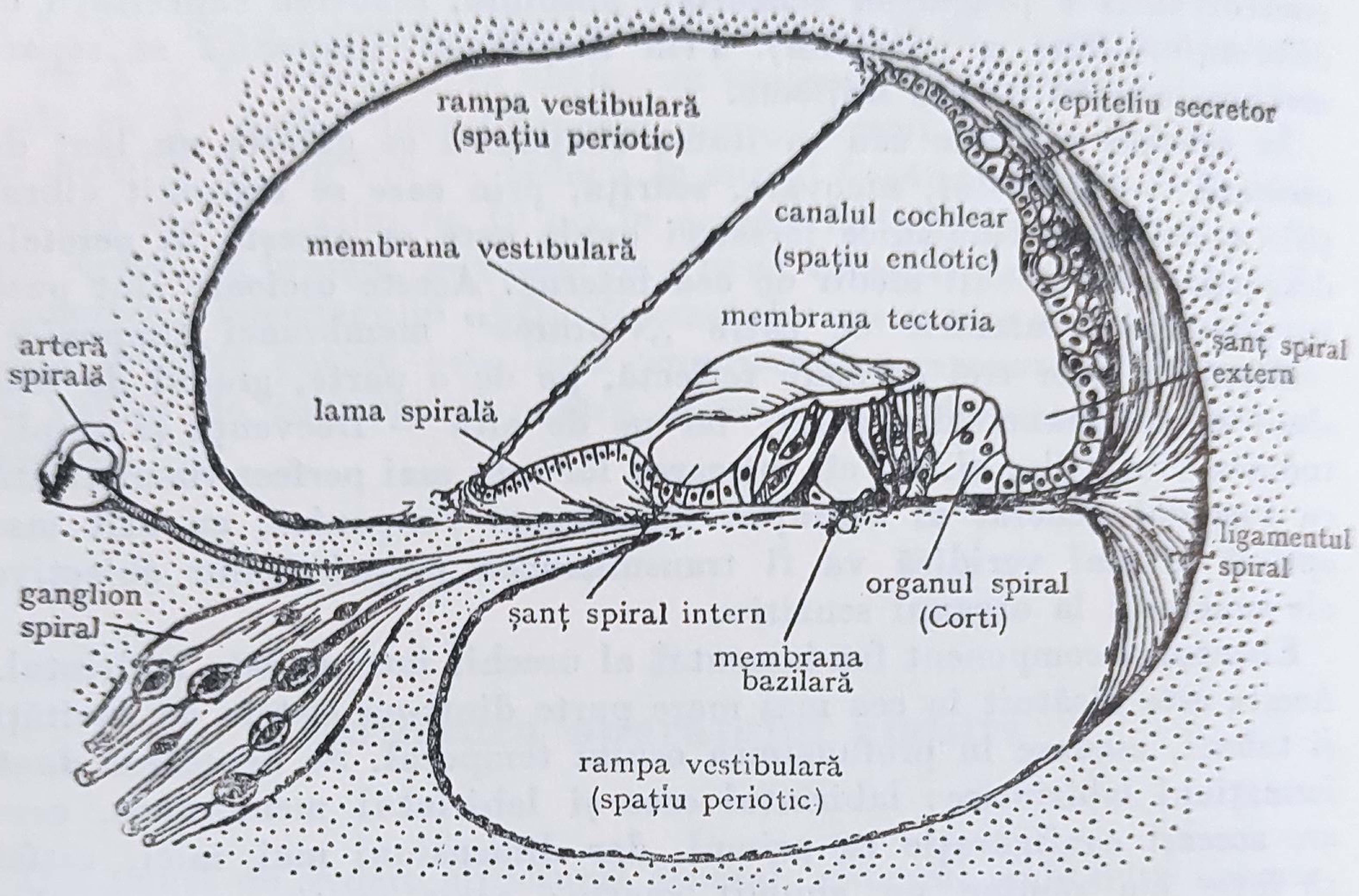


FIG. 34. SECȚIUNE PRIN CANALUL COCHLEAR (DUPĂ RASMUSSEN)
În canalul cohlear se găsește organul lui Corti cu celulele sale ciliate care reprezintă organele receptoare finale ale auzului

ralis și scala media. Aceasta din urmă este delimitată în sus — de membrana lui Reissner, iar în jos — de membrana bazilară (fig. 34).

Scala media conține în sine un corp relativ tare, situat pe membrana bazilară — organul lui Corti. Canalul spiralat este împănat cu celule cubice; în marginea internă a membranei bazilare ele au formă de stîlpi și sînt prevăzute în părțile superioare cu un mănunchi de perișori rigizi; acestea sînt celule ciliate interne. De la marginea superioară a canalului spiralat (sulcus spiralis) începe membrana tectorială, care se întinde deasupra celulelor lui Corti și a celulelor ciliate. Astfel celulele ciliate reprezintă organul receptor specific al vibrațiilor sonore. Se poate deci spune că organul lui Corti reprezintă veriga senzitivă propriu-zisă a analizatorului auditiv. La nivelul lui are loc transformarea vibrațiilor mecanice ale aerului în excitație specifică. Procesul de excitație care ia naștere în organul lui Corti se transmite prin nervul cochlear spre instanțele superioare ale analizatorului auditiv. Primul neuron al căilor aferente se află situat în ganglionii lui Corti; cel de al doilea — în cei doi nuclei cochleari: dorsal și ventral; cel de al

treilea în nucleii trapezoidali și oliva superioară (aci se realizează joncțiunea căilor auditive cu nucleii nervilor facial și oculomotori).

În continuare, fibrele care-și au originea în nucleii dorsal și ventral o parte merg în componența fasciculului lateral (lemniscus lateralis), terminîndu-se în tuberculii quadrigemeni posteriori (centrii auditivi subcorticali), iar altă parte fac sinapsă în corpul geniculat median (corpus geniculatum mediale). Din celulele corpului geniculat median își ia începutul ultimul neuron al căilor de conducere, ale cărui terminații axonice trec în componența coroanei radiare a capsulei interne și se termină în circumvoluțiunea primă și transversală a fiecărui lob temporal, unde se și află centrii auditivi corticali. Așadar, încrucișarea parțială a căilor cochleare asigură legătura fiecărui receptor cu fiecare emisfer cerebral. Aceasta are o mare importanță pentru sporirea trăiniciei și stabilității funcționale a sistemului auditiv. Astfel, în cazul lezării unilaterale a lobului temporal auzul se poate menține la ambele urechi, întrucît recepționarea sunetelor se realizează prin centrul din celălalt lob.

Modul de organizare a zonei auditive corticale. Așa cum arată datele cercetătorilor din ultimele două decenii, regiunea auditivă corticală prezintă un tablou structural deosebit de complex. Înregistrînd modificările locale ale potențialului electric provocat în scoarța cerebrală prin excitarea electrică a unor fascicole mici ale nervului cochlear, Woolsey și Walzl (1960) au stabilit existența în fiecare lob temporal, (la pisică) a două zone auditive (A I și A II) situate mai sus de circumvoluțiunea suprasilviană. În zona dispusă mai dorsal, ocupînd circumvoluțiunea ectosylviană, nervul cochlear se proiectează în așa fel încît reacțiile la excitarea fibrelor curburii bazale a melcului se înregistrează în porțiunea rostrală, iar reacțiile provocate de excitarea fibrelor curburii apicale — în porțiunea caudală. În cea de a doua zonă, care vine imediat după prima, în plan ventral față de ea și care ocupă circumvoluțiunile ectosylviană anterioară, pseudosylviană și ectosylviană posterioară, s-a decoperit o reprezentare inversă a melcului.

Experimentele pe cîini efectuate mai înainte de Tunturi (1952) au pus în evidență „reprezentarea" specifică la nivel cortical, a excitanților tonali. El a folosit serii de excitanți tonali, a căror amplitudine creștea treptat, evitînd astfel artefactele pe care le provoacă pocniturile acustice. Urmărind reacțiile produse în urma unor astfel de excitări, Tunturi stabilește o a treia zonă auditivă, bine delimitată de primele două (A. I și A II) și situată mai jos de capătul anterior al circumvoluțiunii suprasylviene. În același timp, el a demonstrat că, la nivelul

circumvoluţiunii ectosylviene anterioare, frecvenţa creşte în direcţia postero-anterioară.

Se presupune astfel că, în limitele zonei auditive centrale, există patru reprezentări complete ale melcului, care, într-o anumită măsură, coincid cu cele patru subdiviziuni citoarhitectonice descrise de Rose (1949) şi anume:

1. Zona marginală suprasylviană (aci frecvenţele joase sînt reprezentate în porţiunea anterioară, iar cele înalte — în cea posterioară);

2. Zona auditivă I (A I), în care frecvenţele înalte sînt reprezentate în capătul rostral, iar cele joase în partea posterioară. (Aceasta este unica zonă a reacţiilor auditive ale scoarţei pentru care se cunosc importante legături proiective cu talamusul);

3. Zona auditivă secundară (A II), cuprinsă între circumvoluţiunile ectosylviene. Aci reprezentarea frecvenţelor este diferenţiată mai puţin exact, decît în A I, şi din nou are o ordine inversă: frecvenţele joase sînt reprezentate anterior, iar cele înalte — posterior. Potrivit cercetărilor lui Rose (1949) şi Woolsey (1960) şi această zonă are legături bine delimitate cu talamusul;

4. În sfîrşit, zona A IV, (Ep), ocupă cele două treimi inferioare ale circumvoluţiunii ectosylviene posterioare. La nivelul ei, frecvenţele înalte sînt reprezentate în partea superioară iar cele joase — în partea inferioară. Legăturile acestei zone cu talamusul sînt mai puţin esenţiale. Astfel, leziuni uşoare ale ei nu determină modificări semnificative în talamus; doar leziuni mai întinse provoacă procese degenerative în *pars principalis* (Rose, 1949). Deşi cercetările care au dus la o asemenea împărţire a scoarţei auditive au fost efectuate pe animale (pisică, cîine, maimuţă) se consideră că şi la om există o organizare citoarhitectonică similară. Aci, însă, scoarţa auditivă se întinde pe o suprafaţă mai mare în legătură, îndeosebi, cu formarea mecanismelor analizei sistemului stimulilor verbali.

Codificarea informaţiei în aparatul auditiv. Cercetările psihofiziologice contemporane arată că veriga cea mai importantă în care se realizează estimarea informaţiei care pătrunde în sistemul nervos prin intermediul aparatelor senzoriale se găseşte la nivelul primului neuron aferent. Modul de codificare a impulsurilor senzoriale a fost studiat pentru prima dată în cadrul sistemului auditiv, iar modelul elaborat aici a fost extins apoi şi la explicarea codificării în cadrul celorlalţi analizatori (vizual, olfactiv, vestibular etc.).

Numărul total de fibre aferente în fiecare sistem auditiv al omului, judecînd după numărul celulelor senzoriale (cu cili) şi al celor ganglionare (celulele nervoase bipolare din ganglionul spiral) este de 25 000—30 000. La nivelul celulelor ciliate, se realizează o intersecţie

(suprapunere) a inervației, mai multe celule ciliate fiind legate cu o singură fibră nervoasă, iar mai multe fibre nervoase inervînd o singură celulă ciliată (S. Stevens, A. Davis, 1938). Prin intermediul acestui mecanism se asigură o mai mare stabilitate și trăinicie a informației captate. Pe de altă parte, intersecția inervației asigură, cel puțin anatomic, posibilitatea unei oarecare interacțiuni a celulelor senzitive încă înainte de generarea în fibrele nervoase mielinice a impulsurilor specifice după legea „tot sau nimic". În nervul auditiv, în locul unde el trece prin canalul auditiv intern, se constată deja existența impulsurilor generate după legea „tot sau nimic" și separate în fiecare fibră prin intervale nu mai mici de 1 milisecundă (J. Tasaki, 1960).

Un asemenea mod de conducere, propriu pentru nervii periferici și substanța albă a s.n.c. pune serioase limite codificării informației la intrare.

Melcul funcționează ca analizator acustic mecanic (Bekesy, 1959). Aceasta înseamnă că poziția (punctul) activismului mecanic maxim pe membrana bazilară este funcție de frecvență. Rezultă că o cantitate importantă a informației despre frecvența undelor sonore care intră în analizator, îndeosebi despre frecvențele înalte, (peste 4 000 hz), trebuie să se transmită pe anumite canale la anumite porțiuni ale membranei bazilare. Aceasta este așa-numita „regulă a locului" în codificarea informației despre frecvența sunetului.

De asemenea, este bine stabilit și faptul că, în cazul unor frecvențe relativ joase (sub 2 000 de hz), impulsurile în nervul auditiv se grupează în salve, întrucît fiecare undă sonoră acționează ca un excitant separat. Astfel, în nervul auditiv impulsurile se propagă în formă de salve, care se succed una pe alta cu frecvența undelor sonore inițiale (Békésy, 1959). În cercetările psihofizice s-a arătat în mod repetat că informația despre frecvența zgomotului jos se poate transmite pe fibre nervoase diferite de cele care sînt excitate de către tonul pur cu o aceeași frecvență. Dacă un zgomot de frecvență înaltă se întrerupe periodic, atunci, în afară de zgomotul dat, subiectul va percepe și un sunet de frecvență joasă — „înălțimea periodicității" (corespunzătoare frecvenței întreruperilor). Aceasta este așa-numita regulă a frecvenței sau a „salvelor" codificării auditive (Licklider, 1951, G. Miller și G. Taylor, 1948). Se presupune că regula respectivă acționează cu precădere în zona frecvențelor joase.

În ceea ce privește modul de codificare a intensității stimulului, se pare că frecvența descărcării impulsurilor în fiecare fibră nervoasă joacă un rol mai puțin important în sistemul auditiv, decît în celelalte. Experimentele au stabilit că registrul dinamic, în limitele căruia frecvența impulsurilor în fibra dată reprezintă concomitent și funcție de

intensitatea excitantului este foarte îngust, el nedepășind 20—25 db. (Galambos și Davis, 1943).

De aceea, se acordă mai mult credit ipotezei potrivit căreia, informația despre intensitatea excitantului sonor este reflectată mai direct de numărul general al fibrelor active în momentul dat, decît de numărul total al impulsurilor nervoase în intervalul de timp considerat.

Cel de al treilea procedeu de codificare a informației despre intensitatea sunetului este bazat pe gradația sistematică a pragurilor unităților receptoare și, corespunzător, pe participarea gradată a fiecărei fibre în crearea senzației de tărie a sunetului. În aparatul auditiv periferic se consemnează existența a două direcții de gradare sistematică, ambele deosebit de importante. În primul rînd, diferitele grupe (seriale) de celule senzitive au, după toate probabilitățile, praguri diferite și chiar importanță funcțională diferită la nivelul centrilor nervoși. (În general, se consideră că celulele ciliate interne au un prag mai ridicat decît cele externe. Acest fapt se verifică cu ajutorul efectului sumator). În al doilea rînd, pentru sunetul cu frecvența dată, undeva pe membrană bazilară, există un punct al maximei sensibilități.

Receptorii situați între acest punct și capetele bazale ale organului lui Corti pot fi, de asemenea, excitați de același ton, dar avînd o intensitate mai mare. Astfel, pentru fiecare frecvență percepută de analizatorul auditiv există o gradare sistematică a pragurilor de-a lungul organului lui Corti.

Pentru localizarea în spațiu a sursei sonore sînt necesare ambele modalități de codificare: diferența binaurală în intensitate și diferența binaurală în timpul sosirii la fiecare receptor a undelor sonore corespunzătoare.

În cadrul acestui mecanism unitar de codificare, frecvențele joase și înalte transmit informația specială despre direcția sunetului. (Deosebirile în timpul de sosire a undelor sonore la membranele tectoriale ale celor două urechi se interpretează ca fiind funcție de frecvență).

Concluzia principală care se degajă din analiza de mai sus rezidă în aceea că, la nivelul verigii periferice (receptorul) a sistemului auditiv trebuie admisă existența mai multor mecanisme (și modalități) de codificare a informației, cărora, la nivelurile superioare ale s.n.c. le corespund mecanisme specifice de analiză (recodificare) și integrare (decodificare) a impulsurilor senzoriale.

Cercetările efectuate pînă în prezent par să demonstreze cu suficientă temeinicie existența unei specializări funcționale a centrilor nervoși superiori ai analizatorului auditiv în diferențierea componentelor principale ale sunetului. Astfel, extirparea la animale (pisică) a unor zone din scoarța auditivă (îndeosebi a zonelor A I și A II) provoacă

tulburări în analiza fină a frecvenţelor (Meyer şi Woolsey, 1952, Goldberg, Diamand şi Neff, 1957). Secţionarea (lezarea) picioruşelor tuberculilor quadrigemeni inferiori duce la tulburarea funcţiei de diferenţiere a intensităţii sunetului (creşterea pragurilor cu aproximativ 1—15 db) (Raab şi Ades, 1946, Rosenzweig, 1946).

Extirparea bilaterală a zonelor A I şi A II ale scoarţei auditive determină pierderea capacităţii de percepere şi diferenţiere a modificărilor aşa-numitei configuraţii (succesiuni temporale) tonale, ca de exemplu, trecerea de la ,,jos — înalt — jos'' la: ,,înalt — jos — înalt'', (Tunturi, 1950, Woolsey, 1960).

În sfîrşit, în ceea ce priveşte localizarea sunetului, cercetările au stabilit că, în cazul extirpării zonei de proiecţie corticală a corpului geniculat median, această funcţie suferă tulburări profunde sau dispare definitiv.

Aşadar, sensibilitatea auditivă ca funcţie complexă polivalentă trebuie privită ca expresia activităţii întregului analizator, iar nu ca o proprietate exclusivă a receptorului. Diferitele ei laturi sînt realizate de mecanisme specifice integrate la niveluri structurale diferite ale s.n.c. Deşi fiecare din aceste mecanisme poate fi într-un fel considerat ca subsistem de tip închis, în cadrul sistemului general al analizatorului, între ele există o comunicaţie permanentă, care se realizează prin intermediul lanţului neuronilor integrator — comutativi de pe traseul trunchiului cerebral şi de la nivelul zonelor auditive corticale. Modificarea raporturilor funcţionale dintre aceste mecanisme determină o schimbare corespunzătoare a uneia din verigile funcţiei de recepţie a stimulilor sonori.

3

Particularităţi psihofiziologice ale sensibilităţii auditive. Calităţile senzaţiilor auditive

Sensibilitatea faţă de frecvenţă şi senzaţia de înălţimea sunetului. Întrucît sunetul reprezintă un stimul complex, alcătuit din mai multe componente (frecvenţa, amplitudinea, forma şi faza) sensibilitatea auditivă va realiza o analiză mai mult sau mai puţin distinctă în raport cu fiecare din aceste însuşiri. Prin urmare, senzaţiile auditive reprezintă reflectarea în formă subiectivă a acestor proprietăţi obiective ale undei sonore. În planul reflectării senzoriale, cea mai importantă dintre însuşirile menţionate este frecvenţa care determină senzaţia specifică

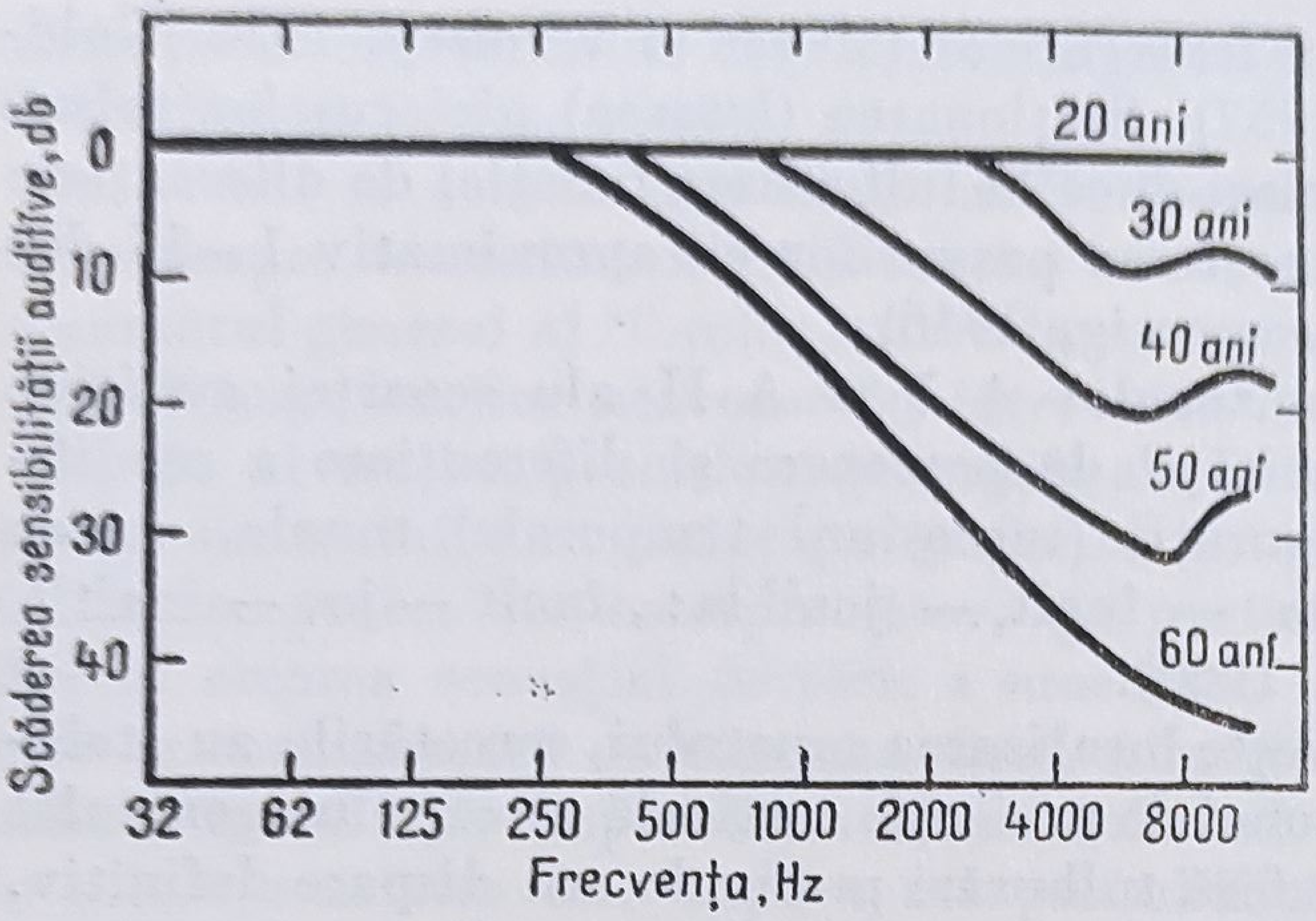


FIG. 35. SCĂDEREA PROGRESIVĂ, O DATĂ CU VÎRSTA, A SENSIBILITĂȚII PENTRU FRECVENȚELE ÎNALTE (DIN S. STEVENS, 1951 POTRIVIT DATELOR LUI C. BUNCH) Audiograma corespunzătoare vîrstei de 20 ani este luată ca etalon.

a înălțimii. Se poate afirma că sensibilitatea auditivă a omului este, în primul rînd, funcția analizei și diferențierii înălțimii sunetelor și a raporturilor de înălțime. În planul psihofizic, există un raport dinamic între modificarea obiectivă a frecvenței și modificarea calității de înălțime a senzației. Astfel, oricît de ridicat ar fi nivelul sensibilității absolute, există anumite praguri (inferior și superior) sub, sau peste care senzația înălțimii propriu-zise dispare. Astfel, pentru a putea fi realizabilă senzația înălțimii la limita inferioară a sensibilității este necesar un anumit număr de vibrații, cel puțin 5—10. În limita superioară, după cum am văzut, omul poate percepe sunetele cu o frecvență pînă la 20.000 de hz. Aceste praguri nu sînt însă fixe; ele diferă de la un individ la altul și se modifică la unul și același individ odată cu vîrsta. (Factorul vîrstă influențează sensibilitatea auditivă îndeosebi în registrul frecvențelor înalte), (fig. 35). Pe de altă parte, sensibilitatea absolută față de frecvență se modifică și în cursul unei zile. După datele lui Pollak (1959), în timpul unei zile sensibilitatea absolută se poate modifica de 3—4 ori în raport cu nivelul inițial. În sfîrșit, pragul absolut al frecvenței depinde și de durata stimulației. Potrivit datelor lui Rayleigh (1948), tonurile foarte înalte au tendința de dispariție chiar în cazul cînd ele, încă de la început, sînt deasupra pragului.

Funcția de bază a sensibilității auditive absolute constă în recepționarea și identificarea frecvenței unui sunet dat separat, fără a fi raportat la altul. După unii autori, tocmai această proprietate stă la baza auzului muzical (Seashore, 1919, Fraisse, 1957, Leontiev, 1960).

Gradul ei de dezvoltare depinde, pe de o parte, de particularitățile mecanismelor de stocare a informației, iar pe de altă parte de activitatea specifică de recepție a subiectului. În cadrul mecanismelor de stocare o importanță deosebită o are fidelitatea înregistrării informației despre frecvență și elaborarea unor modele generalizate stabile, cu rol integrativ. (Pitts și Mc Culloch, 1947). În ceea ce privește cel de al doilea factor — specificul activității perceptive a subiectului — rolul său în dezvoltarea „funcției apreciative" a sensibilității absolute este determinat cu precădere de exercițiile și experiența muzicală (Teplov, 1948).

Rezultă, așadar, că sensibilitatea absolută față de frecvență nu este un dat imuabil, ci o funcție dinamică care se realizează prin intermediul sensibilității diferențiale. Aceasta din urmă rezidă în capacitatea subiectului de a surprinde deosebirile de frecvență dintre două sunete prezentate succesiv sau simultan direcția modificării frecvenței unui sunet continuu și de a aprecia care din sunetele date este mai înalt și care mai jos. Pragul simplei sesizări a deosebirilor de înălțime este mai mic decît pragul identificării înălțimii reale a sunetelor comparate.

Valorile pragurilor diferențiale depind mult de metodica folosită în determinarea lor: sursa sonoră și procedeul de administrare a stimulilor. Sursele sonore pot fi foarte variate (diapazoane, comertoane, instrumente cu coarde, generatoare etc.). La fel și procedeele de prezentare a sunetelor: uneori cele două sunete-stimul se pot prezenta succesiv sau simultan, alteori, se poate prezenta un sunet continuu, a cărui frecvență se modifică ușor în sus sau în jos etc. Firește, în fiecare din aceste procedee experimentale sarcina de recepție a subiectului va fi diferită ca dificultate. Ca atare, și rezultatele ce se vor obține nu vor fi identice ca valori cantitative. Datele cercetărilor efectuate asupra sensibilității diferențiale față de frecvență permit să se conchidă că la majoritatea oamenilor cota pragurilor este cuprinsă între 8 și 50 de cenți (adică între 2 și 12,5 hz). De la aceste date medii se pot întîlni deviații individuale foarte mari. Astfel, dacă la un subiect pragul diferențial este numai de 1,2 cenți (respectiv 0,3 hz), la un altul, el poate ajunge la 200 de cenți (50 hz), (Seashore, 1919, Teplov, 1947). Acestea sînt abateri mai frecvente. În literatura de specialitate este descris însă așa-numitul fenomen al „surdității față de înălțime". Astfel, Kries (1926) menționează cazul renumitului fiziolog Arthur König, care putea aprecia raporturile de înălțime dintre două sunete numai la o distanță valorică de 500 de cenți (adică 125 hz). Münstenberg (1890), Stumpf (1883), Teplov (1947), de asemenea, relatează un număr de cazuri similare. Cauza acestui nivel exagerat de scăzut al sensibilității diferențiale față de înălțime nu rezidă în defecțiuni orga-

nice ale aparatului auditiv, ci în insuficienta dezvoltare a mecanismelor funcționale speciale de discriminare a frecvenței și formei undelor sonore. Ca urmare, în loc ca subiecții respectivi să realizeze o senzație de înălțime distinctă, ei rămîn la forma unei senzații difuze a timbrului și înălțimii laolaltă.

Trebuie menționat faptul că de-a lungul întregului registru al audibilității, mărimea pragurilor diferențiale variază în limite destul de mari. Cercetînd special această problemă, Schower și Biddulph (1931) au stabilit cîteva particularități importante ale dinamicii sensibilității diferențiale pe linia frecvențelor. Astfel, pentru frecvențele medii mărimea pragului diferențial rămîne aproape nemodificată, fiind posibilă diferențierea frecvenței la un interval de aproximativ 3 hz. Pentru sunetele joase și înalte, sensibilitatea diferențială este mai scăzută, pragurile cresc de cîteva ori. Această inegalitate a funcției de diferențiere a înălțimii în zona diferitelor frecvențe se reflectă și în timpul de reacție. Așa, de pildă, dacă pentru perceperea înălțimii sunetelor modificate în zona frecvențelor medii este necesar un timp de numai 0,01 sec., în zona frecvențelor extreme timpul respectiv ia valori considerabil mai mari.

Exersabilitatea sensibilității diferențiale față de frecvență. Într-o vreme, în psihologie era destul de puternic înrădăcinată ideea despre imposibilitatea exersării (dezvoltării) funcției de diferențiere a înălțimii sunetelor. În acest sens, stă mărturie teoria lui C. Seashore despre talentul muzical. Punînd la baza talentului muzical diferențierea înălțimii sunetelor, Seashore afirma că: „această capacitate este atît de simplă și naturală, încît rezultatele funcționării ei nu depind nici de exerciții, nici de dezvoltarea intelectuală, nici de vîrstă, începînd din momentul cînd copilul este suficient de dezvoltat din punct de vedere psihic, pentru a observa”. (Seashore, 1919, p. 65). Ideea lui Seashore se întemeia doar pe rezultatele unei singure cercetări experimentale efectuate de unul din colaboratorii săi. Un grup de 25 de copii (vîrsta medie — 14 ani), după ce în prealabil li s-a măsurat sensibilitatea diferențială față de înălțime, au fost supuși unor exerciții cu reproducerea acelorași probe timp de 40 de minute fiecare. Subiecții nu primeau nici o informație cu privire la calitatea răspunsurilor lor. Această circumstanță este suficientă pentru a demonstra caracterul artificial, ineficient al exercițiilor date. Teoriilor despre imuabilitatea nivelului sensibilității auditive diferențiale i se opune ideea, la ora actuală larg acceptată, cu privire la posibilitatea reală de exersare a acestei funcții. Această idee se întemeiază pe un mare număr de fapte experimentale și observații sistematice.

21-47

În primul rînd, este demonstrat faptul că sensibilitatea diferențială în raport cu frecvența se dezvoltă odată cu vîrsta. Prin cercetări sistematice, Gilbert (1912) a stabilit că pragul înălțimii suferă o scădere regulată începînd de la vîrsta de 6 ani, cînd mărimea lui medie este de 76 cenți și pînă la 19 ani, cînd ajunge la 14 cenți. Datele lui Gilbert au fost, în principiu, confirmate ulterior de cercetările lui Hentschel (1913), Meissner (1914) și Mainwaring (1931).

În al doilea rînd, funcția de discriminare a înălțimii sunetelor se dezvoltă în procesul activității muzicale. Cercetările arată că persoanele care posedă cultură muzicală depășesc pe cele care nu se ocupă cu muzica în ceea ce privește capacitatea de diferențiere a înălțimii, îndeosebi în zona primelor două octave. Gradul de dezvoltare a sensibilității depinde de caracterul activității muzicale. Astfel, la violoniști, violonceliști și suflători pragul este mult mai mic decît la pianiști. (La pian înălțimea este strict dozată și diferențiată pe clape, în vreme ce la celelalte instrumente subiectul trebuie s-o regleze singur, după auz).

În al treilea rînd, capacitatea de diferențiere a înălțimii poate fi considerabil optimizată prin exerciții speciale. Acest fapt a fost stabilit încă de cercetătorii din deceniul al 8-lea al veacului trecut care s-au ocupat cu studiul diferențierii frecvenței sunetelor. Rezultate elocvente au obținut R. H. Seashore (1935) și B. M. Teplov (1948). Primul a reușit ca prin exerciții individuale cu o durată de la 3 la 9 ore să determine scăderea pragului diferențial de la 36 la 18 cenți. Teplov a realizat o scădere și mai mare (de 3—4 ori a pragurilor inițiale — la un subiect pragul diferențial de la 226 de cenți cît era inițial, a fost redus la 94 cenți, după o perioadă scurtă de exercițiu).

În cazul exercițiilor speciale, pentru a obține o creștere mare și stabilă a funcției sensibilității diferențiale, este necesar ca subiectului să i se asigure informația de sancționare corespunzătoare a răspunsurilor date și să i se orienteze în mod expres atenția asupra componenței înălțimii, pe care experimentatorul trebuie să-l ajute s-o desprindă din contextul celorlalte însușiri ale sunetului (înălțimea trebuie separată îndeosebi de timbru).

Recepționarea și diferențierea sunetelor cu structură spectrală diferită. Sensibilitatea față de frecvență este o funcție complexă care prezintă aspecte specifice în raport cu structura spectrală a sunetelor. După cum am văzut, după structura spectrală, tonurile se împart în două categorii: *pure* și *complexe*.

Înălțimea tonurilor pure se diferențiază corespunzător caracterului creșterii frecvenței. Astfel se constată că senzația înălțimii (cantificată

în meli) se modifică din ce în ce mai încet pe măsură ce frecvența fizică (cantificată în herzi) crește liniar. Dimpotrivă, creșterea în raport logaritmic a frecvenței fizice determină o accelerare a modificării înălțimii subiective a tonului. (Scara muzicală este de tip logaritmic). Tonurile pure de frecvență medie (1000—5000 de hz), determină o calitate specifică a senzației înălțimii, denumită *cromaticitate-tonală*.

De aci s-a emis ipoteza, potrivit căreia, persoanele care posedă un autentic auz absolut al înălțimii sînt capabile să diferențieze frecvența tonurilor muzicale cu mare exactitate, întrucît „înălțimea obișnuită" indică octava corespunzătoare, iar „cromaticitatea" plasează nota în limitele acestei octave. Însă, problema rămîne deschisă. Se impune ca în cercetările ulterioare să se aibă în vedere următoarele două aspecte: 1) obținerea de măsurători exacte cu stimuli de control și 2) efectuarea măsurătorilor pe un grup de subiecți adecvat aleși.

Cît privește tonurile complexe, se consideră că înălțimea lor este cu precădere funcție de frecvență și numai în mică măsură ea este și funcție de intensitate. Potrivit datelor lui Fletcher, (1935) fiecare om percepe un ton complex alcătuit din componente cu frecvențe de 700, 800, 900 și 1000 de hz. Deși acest ton nu conține energie corespunzător frecvenței de 100 de hz. el are, prin definiție, frecvența de bază — 100 hz. Întrucît, însă, frecvența diferențială generală este tot de 100 de hz. o teză potrivit căreia înălțimea tonului este aproximativ 100 de hz. nu poate pleda în favoarea uneia din cele două determinante ale sunetului: frecvența de bază, pe de o parte, și frecvența generală diferențială, pe de alta. Schouten (1940) a rezolvat problema dată recurgînd la interogarea subiecților privind înălțimea tonului format din componentele de 300, 500, 700 și 900 hz. Acest ton are frecvența de bază 100 hz, iar frecvența diferențială generală — 200 hz. Majoritatea subiecților declarau că înălțimea tonului dat se egalează cu înălțimea tonului de aproximativ 100 hz, rezolvînd astfel disputa în favoarea determinantei frecvenței de bază.

O variantă a dublei componențe a înălțimii a fost dezvoltată de Brentano (1907) și apoi de Revesz (1920) care au pornit de la principiul asemănării octavice a sunetelor. Revesz deosebește calitatea și luminozitatea (claritatea) sunetului. Prin calitate el înțelege acea particularitate a înălțimii, datorită căreia putem percepe sunetele în limitele unei octave, iar prin luminozitate — proprietatea înălțimii care deosebește sunetele unei octave de sunetele altei octave. De exemplu, toate sunetele „do" ar fi identice din punct de vedere calitativ, dar diferite după luminozitate. Această teorie nu corespunde însă realității. Într-adevăr, se poate vorbi de o asemănare octavică a sunetelor (după cum

se poate vorbi şi de o asemănare de terţă, quintă etc.), dar această asemănare nu determină nici un fel de componentă a înălţimii. Alţi autori Mayer (1894), Stumpf (1898) şi îndeosebi Keler (1939) au tratat într-un alt mod problema componenţei (duble) înălţimii, deosebind înălţimea propriu-zisă şi caracteristica timbrală a ei (luminozitatea). Dar delimitînd cele două aspecte ale înălţimii, autorii respectivi au rămas în plan pur fenomenologic; la aceeaşi caracteristică obiectivă a undei sonore ei au raportat două proprietăţi diferite şi, dintr-un anumit punct de vedere chiar heterogene, ale senzaţiei. Or, baza obiectivă a fenomenului consistă în aceea că o dată cu creşterea înălţimii se modifică numărul tonurilor parţiale accesibile auzului. De aceea, diferenţierea coloraturii timbrale a sunetelor de frecvenţă diferită se realizează, practic, numai în cadrul sunetelor complexe; în tonurile simple ea este rezultatul transferului.

În general, analiza conţinutului imaginii auditive a sunetului în calitate de cod informaţional izomorfic, trebuie făcută numai prin raportarea ei directă la caracteristicile obiective ale undei sonore privită ca sursă de informaţie şi ca mulţime într-un anume fel organizată. Aplicînd principiul matematic al reflectării mulţimilor, în ultimă instanţă va trebui să stabilim faptul corespondenţei izomorfice dintre elementele mulţimii-original (unda ,,sonoră'' X şi elementele mulţimii — model (imaginea) = Y. Se constată că o asemenea relaţie există între elementul frecvenţă ($x_1 \in X$) şi elementul înălţime ($y_1 \in Y$), dar nu există între elementul $x_2 \in X$ (forma undei sonore) şi elementul $y_1 \in Y$ (senzaţia înălţimii). Rezultă că înălţimea este esenţialmente funcţie de frecvenţă. Ca atare, acea luminozitate sau calitate timbrală a sunetului, care în senzaţie pare a se integra în înălţime, trebuie tratată ca notă specifică de sine stătătoare. Proprietatea fizică care o determină este *forma* undei sonore. Oscilaţiile undelor acustice pot fi simple (,,pendulare'') sau complexe. Forma caracterizează tocmai vibraţiile complexe. Ea se referă la modul de organizare a vibraţiilor în cadrul sunetului complex. Acesta poate fi *periodic* şi *neperiodic*. Corespunzător, sunetele complexe percepute se împart în două grupe: sunete muzicale şi zgomote. Primele se disting prin forma periodică a vibraţiilor parţiale care se suprapun peste vibraţia de bază; cele din urmă, dimpotrivă, se deosebesc prin forma aperiodică (neregulată) a componentelor de frecvenţă.

De pildă, dacă un diapazon* efectuează 132 oscilaţii într-o secundă, noi vom auzi nota A. Dacă, concomitent, va suna nota A_1 de la un alt

* Diapazonul dă vibraţii aproximativ simple (pendulare).

diapazon care are 264 oscilații pe secundă, atunci mișcarea undelor va reprezenta în orice moment suma algebrică a mișcării ambelor diapazoane; dacă ambele diapazoane efectuează oscilații în aceeași direcție, atunci ele se vor accentua (amplifica) reciproc; dacă însă vibrațiile opuse se ciocnesc, atunci ele își slăbesc reciproc acțiunea lor. Ca urmare, în acest caz, deși se obține o mișcare periodică, care se repetă la intervale egale de timp, ea nu mai este pendulară, deoarece părțile ascendente ale curbei care o exprimă nu sînt la fel. Aci se produce fenomenul de amestec (combinare a pendularelor).

Să presupunem acum că sună simultan un grup de instrumente muzicale (într-o orchestră, de pildă). Fiecare instrument va exercita o acțiune proprie asupra particulelor de aer, a căror mișcare, reprezentînd suma algebrică a vibrațiilor individuale, trebuie să fie în fiecare moment foarte complexă; cu toate acestea, noi putem desprinde, cu ajutorul auzului, după dorință, oricare instrument și urmări special sunetele lui.

În ceea ce privește instrumentele muzicale, s-a stabilit pe cale experimentală că în ele fiecare notă individuală este simultan însoțită de o consonanță slabă a multor octave mai înalte și de alte tonuri „armonice" („obertonuri") — Timbrul apare astfel ca o însușire diferențiatoare a sunetelor cu aceeași frecvență, produse de surse diferite (instrumente muzicale, voci omenești). Helmholtz a demonstrat că timbrul unui anumit instrument depinde de forța relativă a unui ton armonic sau a altui, sau de intensitatea relativă a majorității tonurilor armonice. Deosebirea multor vocale în vocea omenească de asemenea depinde de predominarea unor tonuri armonice sau a altora, care însoțesc nota (înălțimea) la care este intonată vocala dată.

Timbrul conferă sunetelor un colorit specific, denumit vibrato, care le sporește efectul psihofiziologic făcîndu-le într-un mod deosebit agreabile. Datorită interacțiunii dintre frecvențele parțiale și frecvența de bază, în planul executiv, de reproducere vocală a sunetelor, între înălțime și timbru se creează raporturi de substituire. Cele mai frecvente sînt raporturile de compensare a înălțimii prin timbru.

În percepție, sunetul complex poate fi descompus și, ca urmare, se diferențiază și se conștientizează în mod individual cele două componente — înălțimea și timbrul. Această funcție este într-un înalt grad exersabilă și ea stă, în bună măsură, la baza auzului muzical.

Sensibilitatea față de intensitate și senzația de tărie a sunetului. În ordinea semnificației, cea de a doua proprietate a undei sonore este amplitudinea, de care ține intensitatea fizică a sunetului. Calcularea intensității sunetului în unități de forță întîmpină mari dificultăți

de ordin tehnic. De aceea, s-a propus ca ea să fie exprimată în unităţi de presiune. După cum se ştie, fiecărei unde sonore îi corespund condensări şi rarefieri succesive ale aerului. Valoarea medie a vibraţiilor presiunii se calculează în *bari*. Barul este forţa presiunii de 1 dină pe 1 cm^2 (adică aproximativ a milioana parte a presiunii atmosferice). Uneori, însă, este mai convenabil, din punct de vedere operaţional, să determinăm intensitatea sunetului în unităţi de energie (*ergi*). Dependenţa dintre presiunea undei liniare în cîmpul liber şi energia acustică este simplă, întrucît aerul este un mediu aproape integral elastic.

În mediul elastic, aşa-numita viteză de volum v este întotdeauna direct proporţională cu presiunea P.

Datorită acestui fapt, ergii pot fi transformaţi în bari şi viceversa, după formulă: $P = 6{,}4\,E$ (P = presiunea variabilă în bari; E = travaliul în ergi). Întrucît intensitatea (sau cantitatea energetică) I este egală cu presiunea P înmulţită cu viteza de volum v, avem următoarele relaţii: 1) $v = K.P$; 2) $I = V.P.$; 3) $I = K.P.^2$ ($K.$ reprezintă o mărime invers proporţională cu rezistenţa acustică a aerului). Din relaţia a treia se vede că intensitatea este proporţională cu pătratul presiunii.

Intensitatea sunetului oscilează în limite extraordinar de mari, de-a dreptul ,,astronomice''. Exprimată în ergi, ea se întinde de la 10^{-9} pînă la 10^{+4}, iar calculată în waţi de la 10^{-16} pînă la 10^{-3}, adică în raport de $10 : 10^{13}$. Pentru evitarea acestui inconvenient se obişnuieşte ca intensitatea sunetului să se exprime nu în valori absolute, ci în valori relative. Dacă se ia în calitate de unitate de măsură intensitatea sunetului la pragul audibilităţii în zona cea mai sensibilă a registrului de frecvenţe (de pildă la tonul de 100 hz), iar toate sunetele mai puternice le exprimăm în logaritmi zecimali ai raportului intensităţii lor faţă de această unitate, în locul raportului de $10 : 10^{13}$, vom obţine o serie de numere simple ($\log \cdot 1 = 0$, $\log \cdot 10^{13} = 13$) numite beli.

În vederea obţinerii unor unităţi mai uşor de manipulat, unitatea logaritmică de bază — *belul* — a fost împărţită în 10 diviziuni (decibeli — db). De aci, numărul decibelilor corespunzător raportului dat de energia acustică va fi:

N (db) $= 10 \log \frac{I_1}{I}$. Prin urmare, dacă o intensitate acustică I_1, măsurată în unităţi energetice, este de 10 ori mai mare decît o altă intensitate acustică I_0, măsurată în aceleaşi unităţi, atunci I_1 va fi cu 10 db. mai mare decît I_0. Menţionăm că mărimea ,,10 db.'' reprezintă în sine raportul intensităţilor, iar nu intensitatea absolută (Rao, 1944).

Pentru a determina intensitatea absolută a sunetului în inscripţie

decibelică este necesar să adăugăm că intensitatea sunetului I_1 reprezintă decibeli mai sus sau mai jos față de intensitatea inițială 10.

Intensitatea fizică, ca factor obiectiv, determină în planul reflectării subiective senzația specifică de tărie a sunetului — Corelația dintre intensitatea și tăria sunetelor poate decurge din legea psihofizică generală a organelor de simț (Weber-Fechner) care postulează că creșterea intensității senzației este proporțională cu logaritmul raportului excitanților și se exprimă prin aceeași formulă ca și nivelul intensității, adică $10 \log \frac{I_1}{I_0}$, dar, în acest caz, I_0 înseamnă forța sunetului la pragul audibilității pentru tonul cercetat și nu o mărime constantă, așa cum se obișnuiește în cazul măsurării nivelului intensității. Aceste unități logaritmice în care se exprimă tăria subiectivă se numesc tot decibeli, dar ele reprezintă o mărime destul de relativă: valoarea lor absolută, tradusă în unități fizice ale intensității (ergi, bari, wați), va fi diferită, în funcție de frecvența tonului, deoarece pragul audibilității pentru fiecare ton variază. Prin urmare, nivelul senzației se exprimă în decibeli deasupra pragului audibilității, spre deosebire de nivelul intensității care se exprimă în decibeli deasupra mărimii constante egale cu 10^{-16} W/cm^2.

Scala decibelilor a fost considerată multă vreme foarte convenabilă pentru exprimarea tăriei subiective, deoarece cea mai mică modificare perceptibilă în nivelul energiei este, în condiții obișnuite, de 1 db.

Dar cercetările ulterioare (Kingsborn, 1927, Fletcher 1928, Rjevkin, 1934) au stabilit că tăria sunetelor nu depinde numai de intensitate, ci și de alți factori și în primul rînd de frecvență. (În zona frecvențelor extreme — joase și înalte — tăria sunetelor crește mai repede decît în zona frecvențelor medii). Aceasta a determinat pe cercetători să renunțe la ideea de a exprima valoarea tăriei în decibeli deasupra pragului audibilității. Atît acusticienii, cît și psihofiziologii se limitează în prezent la compararea, după auz, a tuturor sunetelor cu tăria tonului standard. Sunetul unanim acceptat ca etalon de comparație este cel de 1000 de hz. În raport cu el se determină nivelul tăriei. Subiectului i se dă la un generator un sunet de 1000 de hz., cu o anumită intensitate; la un alt generator i se dă un sunet tot de 1000 de hz, dar avînd o altă intensitate. Cu ajutorul unui comutator el trebuie să facă sunetul respectiv egal cu primul după intensitate, orientîndu-se pe baza auzului. Nivelul tăriei sunetului cercetat se va exprima în *foni* (valorile fonul și decibelul aproape coincid).

De-a lungul întregii scale decibelice, urechea omului normal diferențiază aproximativ 324 trepte ale intensității. Curbele tăriei subiective nu merg însă paralel cu curbele intensității fizice, așa cum ar fi

trebuit să ne aşteptăm pe baza legii lui Weber-Fechner; în zonele frecvenţelor joase şi înalte ele se apropie. De asemenea, cercetări efectuate asupra estimării relaţionale a sunetelor au stabilit că răspunsurile subiectului de tipul: ,,de două ori mai puternic (sau mai slab)", ,,pe jumătate mai puternic (sau mai slab)" nu coincid, de cele mai multe ori, cu raporturile obiective ale intensităţii. Aceasta înseamnă că, în general, senzaţia tăriei nu este o reproducere identică, absolută a intensităţii sunetului. (Micşorarea intensităţii unui oarecare sunet de la 100 la 80 db diminuează nivelul tăriei de peste două ori etc.) (Pollack, 1948).

Fletcher (1938) a încercat să elaboreze o scală naturală a tăriei care să reprezinte raporturile generale dintre intensitate şi senzaţie. El a pornit de la următoarele două premise: a) tăria este proporţională cu frecvenţa cu care impulsurile nervoase se îndreaptă spre centru; b) în cazul recepţionării binaurale, tăria este de două ori mai mare decît în cazul recepţionării monaurale. Experimentul imaginat în acest scop s-a desfăşurat astfel: subiectului cu auz normal şi egal la ambele urechi i s-a dat la început monaural un sunet de o anumită intensitate şi s-a măsurat nivelul tăriei lui în foni. Să spunem că nivelul respectiv a fost stabilit la valoarea I_a foni. Apoi, intensitatea rămînînd aceeaşi, subiectul percepea sunetul dat binaural şi din nou se măsura nivelul tăriei. S-a constatat că, în acest caz, nivelul tăriei sunetului a crescut pînă la valoarea Ib foni. Dacă numărul unităţilor tăriei ,,reale" corespunzător recepţionării monaurale este egal cu G_1, numărul corespunzător recepţionării binaurale — G_2, trebuie să fie egal cu dublul lui G_1. În continuare, subiectul era pus să asculte din nou cu o singură ureche, dar intensitatea sunetului creştea pînă la obţinerea nivelului de tărie egal cu Ib. Dacă, în cazul acestei din urmă tării, subiectul recepţionează acelaşi sunet binaural, nivelul tăriei va creşte iarăşi pînă la o valoare şi mai mare — Ic (foni). Aceasta trebuie să corespundă lui G_4, care este de două ori mai mare decît G_2 şi de patru ori mai mare decît G_1. În mod similar, se poate continua măsurătoarea pe întregul registru al tăriei percepute.

În construirea scalei sale, Fletcher a admis că în cazul nivelului tăriei $Ia = 0$, tăria ,,reală" (G_1) este egală cu 1. Aceasta înseamnă că sunetul a fost reglat în aşa fel, încît atunci cînd era perceput monaural, intensitatea lui se găsea la pragul audibilităţii.

Întrucît, atunci cînd sunetul perceput binaural avea nivelul tăriei (Ib) cuprins între 2 şi 3 foni, tăria ,,reală" a lui (G_2) este egală cu 2. Dacă acum sunetul este reglat în aşa fel încît pentru fiecare ureche în parte nivelul tăriei devine 2,5 foni, în cazul recepţionării binaurale acesta va creşte din nou pînă la 5,5 foni, iar tăria ,,reală" (G_4) va creşte pînă la 4 unităţi. Această situaţie corespunde primei trepte a scalei. Prin urmare, lăţimea treptelor reprezentate în (fig. 36) indică schimbarea ce trebuie operată în nivelul tăriei pentru a obţine dublarea tăriei ,,reale", ş.a.m.d.

Dacă pe axul ordonatelor marcăm valorile tăriei ,,reale", indicate pe fiecare treaptă a scalei, în dreptul valorilor corespunzătoare ale nivelurilor tăriei situate pe axul absciselor, vom obţine scala naturală a tăriei, adică funcţia tăriei ,,reale" de nivelul tăriei (fig. 37). Fletcher a calculat această funcţie pentru tonul pur de 1 000 de hz. Întrucît, însă, intensitatea oricărui ton pur poate fi exprimată în unităţi ale nivelului tăriei (foni), scala dată mai sus este aplicabilă pentru toate tonurile pure.

Desigur, scala lui Fletcher este construită în cea mai mare parte pe date ipotetice. O îndoială serioasă o provoacă afirmaţia tranşantă

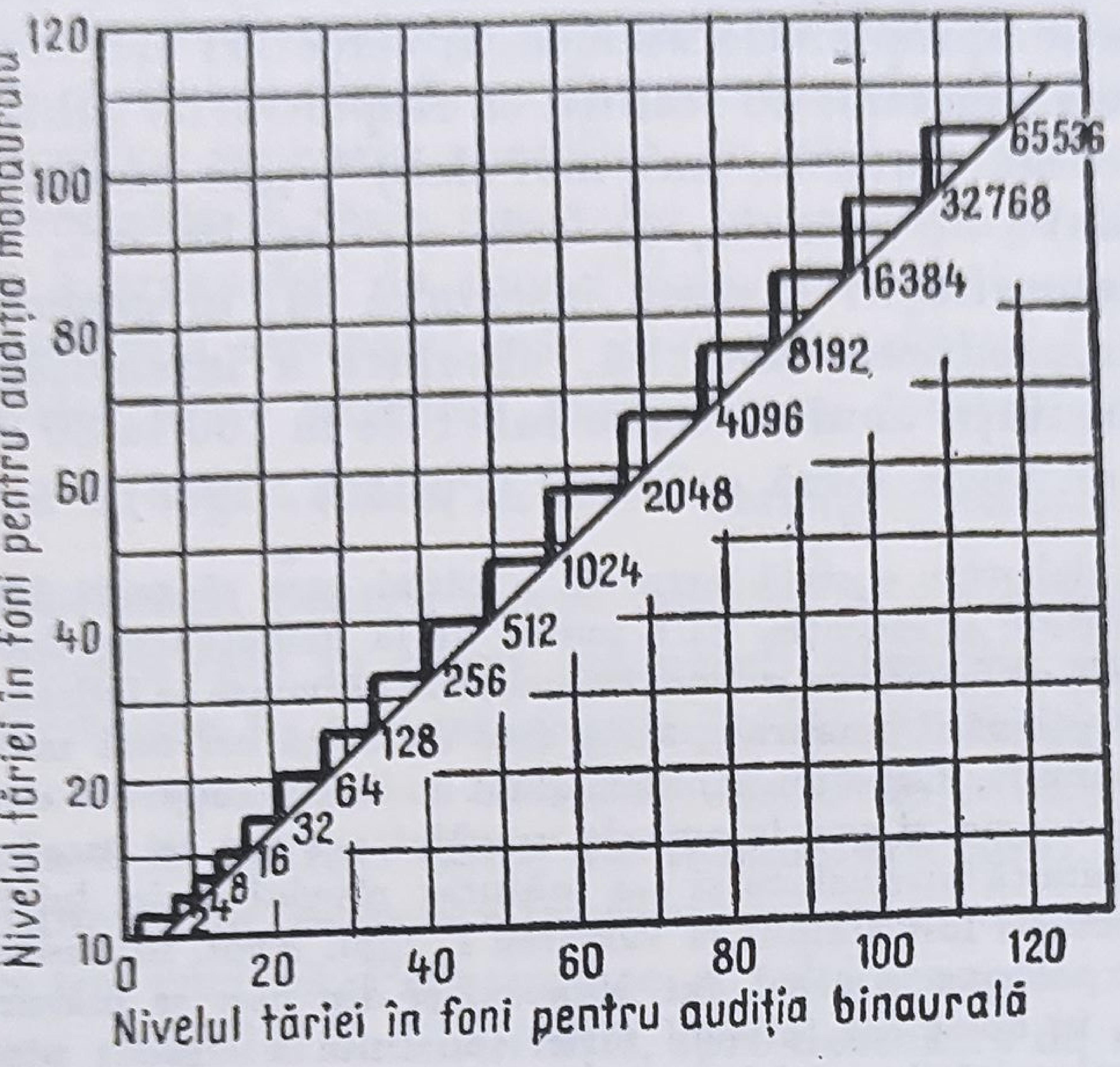


FIG. 36. SCHEMA CONSTRUIRII SCALEI TĂRIEI „REALE" (DUPĂ FLETCHER)

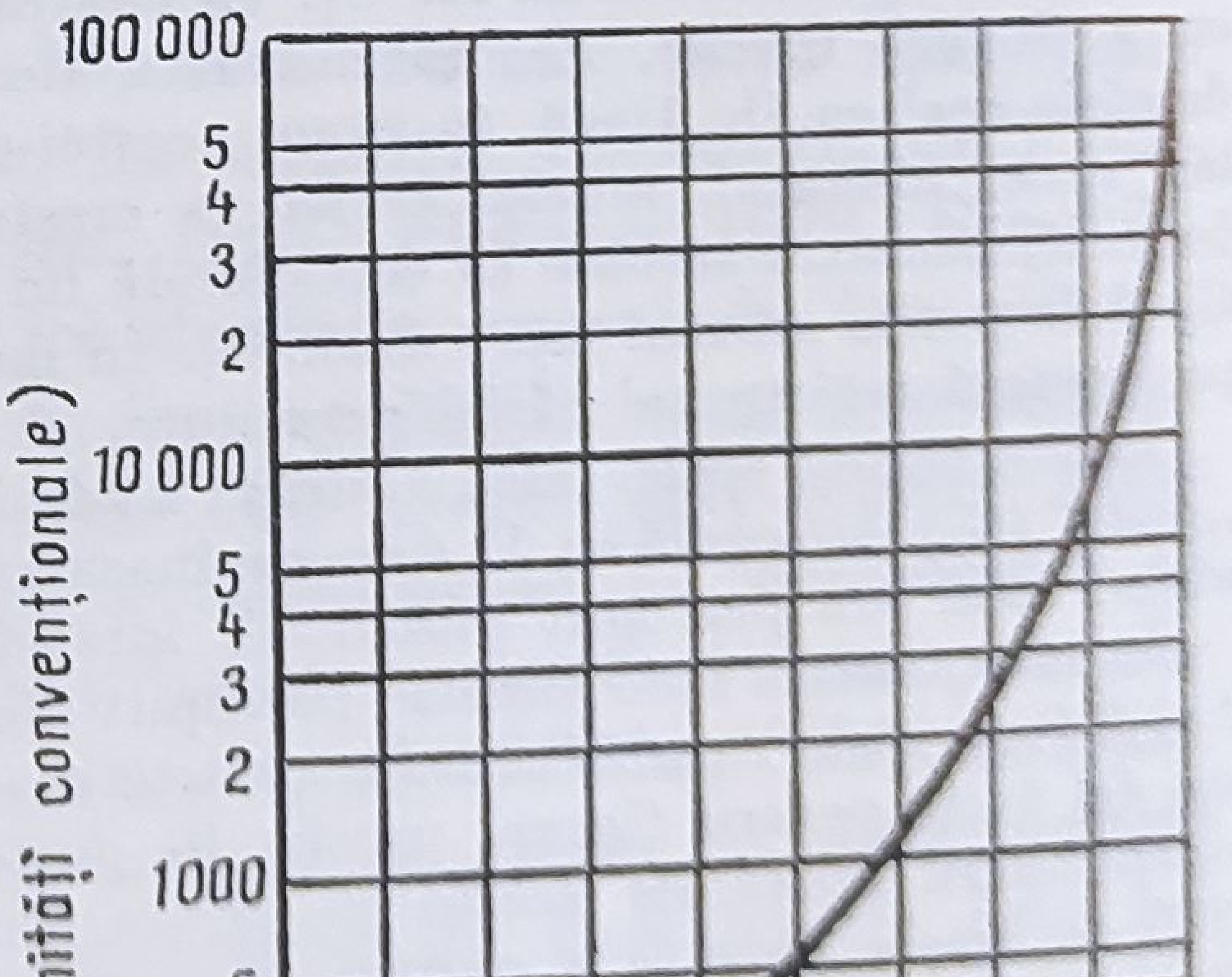


FIG. 37. DEPENDENȚA TĂRIEI „REALE" DE NIVELUL TĂRIEI DUPĂ FLETCHER)

că recepţionarea binaurală a unui sunet determină o senzaţie de două ori mai puternică decît recepţionarea monaurală a aceluiaşi sunet. Se ştie că în cadrul analizatorilor pereche se manifestă destul de frecvent fenomenul inhibiţiei necondiţionate. Astfel, excitarea unui centru auditiv (stîng, de exemplu), este de obicei însoţită de procesul inhibiţiei în centrul simetric (drept). Ca atare, excitarea simultană a ambilor centri nu poate da o senzaţie de două ori mai puternică. Fără îndoială, însă, funcţiile discriminatorii şi pragurile absolute ale sensibilităţii auditive binaurale posedă indici performanţionali mai ridicaţi decît sensibilitatea monaurală. Aceasta ar fi condiţionată de o serie de factori, printre care: succesiunea reciprocă a receptorilor în procesul percepţiei, diviziunea funcţională în recepţionarea diferitelor segmente ale registrului frecvenţelor, reacţia preferenţială a scoarţei la cel mai clar semnal din două care ajung în acelaşi timp la ea (Cherry, 1961).

Problema ca atare a elaborării unei scale a nivelului tăriei „reale" a sunetului, pe toată întinderea registrului de intensităţi, rămîne încă deschisă.

Raportul dintre diferenţierea frecvenţei şi diferenţierea intensităţii sunetelor. Mai sus s-a arătat că înălţimea este funcţie cu precădere de frecvenţă. Totuşi, diferenţierea ei depinde şi de intensitate. La rîndul său, tăria fiind funcţie de amplitudine (intensitate) depinde şi de frecvenţă. Rezultă, aşadar, că atît în planul obiectiv, cît şi în cel subiectiv, între aceste două proprietăţi de bază ale stimulilor acustici se stabilesc raporturi funcţionale complexe. Cercetările consacrate direct sau indirect acestei probleme au pus în evidenţă, în primul rînd, absenţa unei identităţi sau a unui paralelism absolut în planul reflectării subiective, din punct de vedere performanţional, între înălţime şi tărie (Neff şi Diamand, 1958, Gravini, 1966).

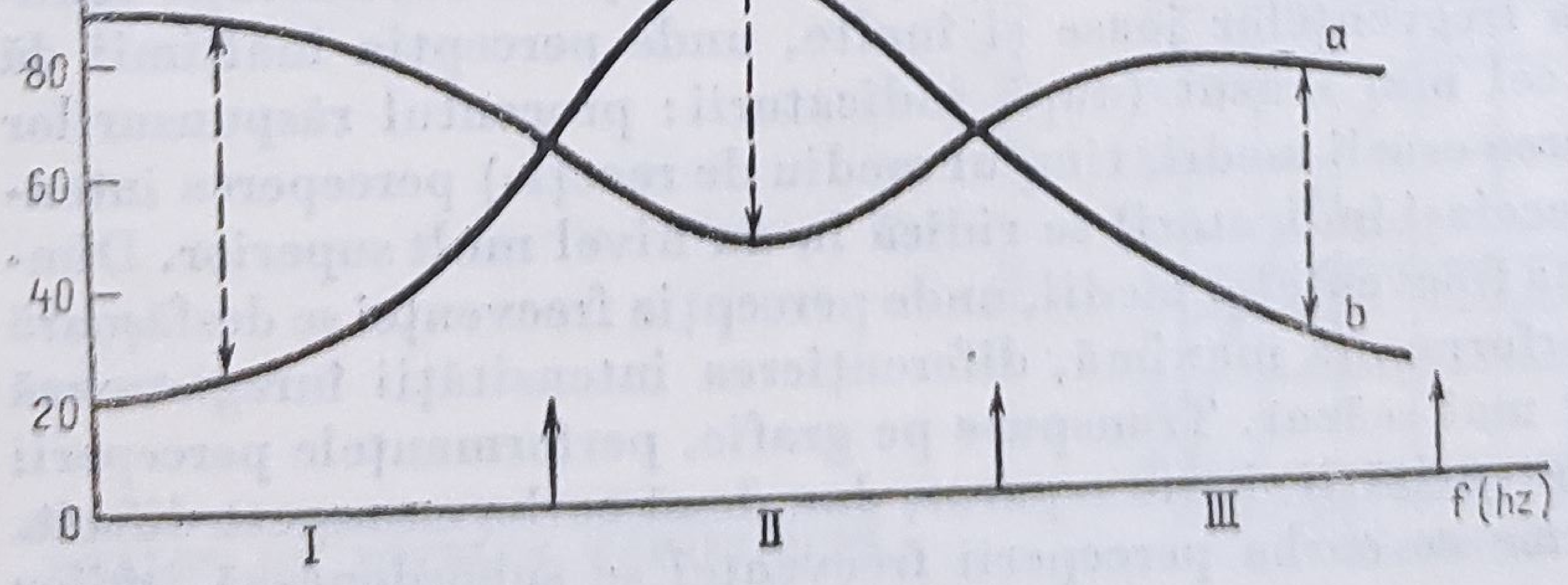
Experimentele efectuate de unul din noi (M. Golu, 1966) pe copii şi adulţi ne-au permis să stabilim următorul tablou al relaţiei dintre funcţia diferenţierii frecvenţei şi funcţia diferenţierii intensităţii tonurilor. În zona frecvenţelor joase şi înalte, unde percepţia înălţimii dă randamentul cel mai scăzut (după indicatorii: procentul răspunsurilor corecte, valoarea erorii medii, timpul mediu de reacţie) perceperea intensităţii (după aceiaşi indicatori) se ridică la un nivel mult superior. Dimpotrivă, în zona frecvenţelor medii, unde percepţia frecvenţei se desfăşoară la nivel de performanţă maximă, diferenţierea intensităţii înregistrează un nivel mult mai scăzut. Transpuse pe grafic, performanţele perceperii frecvenţei şi intensităţii, luate separat, dau două curbe cu aspect diferit. Astfel, în vreme ce curba perceperii frecvenţei se subordonează legilor

distribuției normale, cea a percepției intensității pare a se subordona mai curînd legilor distribuției binomiale (fig. 38).

Punerea subiectului în fața sarcinii de a identifica sunetele percepute anterior a dezvăluit că el se orientează cu precădere după componenta frecvenței sau intensității. Astfel, identificarea se realiza cu precădere pe baza înălțimii, dacă sunetele erau de frecvență medie, și pe baza tăriei, dacă sunetele erau de frecvență joasă sau înaltă. Din analiza datelor de mai sus se desprind cîteva concluzii cu caracter teoretic general. În primul rînd, trebuie subliniată ideea că sunetele chiar atunci cînd sînt pure, în raport cu funcția recepției auditive apar ca stimuli complecși. Această complexitate nu este o proprietate în sine, nedezmembrabilă, ci rezultatul integrării fizice a elementelor undei sonore, cele mai importante dintre ele fiind frecvența și amplitudinea. De aceea, putem presupune că, în mod obiectiv, funcția recepției auditive a evoluat în așa fel, încît permite, pe de o parte, reflectarea sunetului ca tot unitar, iar pe de altă parte relevarea fiecărei componente în individualitatea sa specifică. Aceasta presupune existența unor mecanisme funcționale speciale care să realizeze codificarea diferențiată a informației extrase din cîmpul perceptiv, organizat după principiile spațio-temporare. În cadrul analizatorului auditiv trebuie admisă ipoteza despre existența a două subsisteme funcționale distincte: unul adaptat și „specializat" pentru recepționarea frecvenței, iar altul — pentru recepționarea cu precădere a intensității sunetelor. Evoluînd

FIG. 38. GRAFICUL RAPORTULUI DINTRE DIFERENȚIEREA INTENSITĂȚII ȘI FRECVENȚEI

0. Δx, nivelul diferențierii (în %); 0 — *f.* frecvența: *I.* — zona frecvențelor joase (50—800 hz); *II.* zona frecvențelor medii (800—4 000 hz); *III.* zona frecvențelor înalte (5 000—14 000 hz); *a.* curba dinamicii diferențierii intensității; *b.* curba dinamicii diferențierii frecvenței.



și funcționînd în cadrul sistemului unitar al analizatorului, între cele două subsisteme s-au creat raporturi de subordonare și compensare reciprocă, reglate prin intermediul unui mecanism comutativ central. Astfel, în acea porțiune a registrului audibilității în care activitatea unui subsistem atinge punctul maxim, activitatea de analiză a celuilalt se află la un nivel scăzut și viceversa.

Analiza și relevarea, în planul reflectării interne, a componentelor de bază ale sunetului pot fi puse ca o sarcină specială în fața subiectului. Aci își găsește o aplicație directă teoria învățării perceptive. Pe baza funcției primare a auzului, omul învață să asculte și să conștientizeze, după voie, cînd o componentă, cînd alta a sunetului. Prin aceasta se dezvoltă și se diferențiază și mecanismele de prelucrare, codificare și decodificare a impulsurilor senzoriale.

4
Fenomenul adaptării în sfera sensibilității auditive

În clasificarea dată de Adrian sistemelor senzoriale după rapiditatea și limitele adaptării, auzul ocupă un loc de mijloc. Esența adaptării în sfera lui rezidă în aceea că în timpul și imediat după acțiunea sunetului de o anumită intensitate și durată se produce modificarea sensibilității absolute și diferențiale, exprimată, de regulă, în scăderea acuității (creșterea pragurilor), precum și în scăderea intensității senzației. Modificarea în sens descendent a sensibilității trebuie privită ca un proces de apărare a integrității funcționale a analizatorului. Adaptarea poate duce însă și la creșterea sensibilității; șederea în condiții de liniște absolută, timp de 2—3 ore, determină o scădere considerabilă a pragurilor senzoriale. Prin urmare, funcția sensibilității auditive se caracterizează printr-o dinamică bidirecțională — ascendentă (creștere) și descendentă (scădere) (vezi fig. 39).

Studiind durata și modul de realizare a adaptării față de sunetele puternice Békésy (1929, 1948) a stabilit că în primele 3 minute sensibilitatea se menține la nivelul inițial, fără modificări. Mai departe, ea începe să scadă brusc, apoi din ce în ce mai lent, pînă cînd se stabilește la un plafon relativ constant. Adaptarea la sunetele puternice se realizează în limite relativ reduse și, dacă acțiunea lor continuă, apare

fenomenul oboselii. Adaptarea auditivă are întotdeauna un caracter generalizat.

Adică, dacă se acționează un timp îndelungat cu un sunet de o anumită intensitate și frecvență, se constată scăderea sensibilității nu numai față de sunetul dat, dar și față de sunetele învecinate. În cazul sunetelor de frecvență și intensitate medie (200—2000 de hz și respectiv 20—40 db) se constată scăderea sensibilității pentru tonurile vecine de ambele părți ale sunetului — stimul, maximumul fiind în zona acestuia din urmă. (Corespunzător, curba scăderii sensibilității va avea o formă simetrică — (fig. 40.)

În timpul acțiunii frecvențelor înalte de intensitate mare (de la 80 la 100 db) creșterea pragurilor se produce nu la frecvența-stimul, ci la frecvențele mai înalte. (Corespunzător, curba modificării sensibilității va avea un caracter asimetric) (fig. 41). În fine, în cazul acțiunii frecvențelor joase (50—300 hz) de intensitate puternică (80 db deasupra pragului audibilității) se produce o scădere relativ uniformă și nu prea mare pentru întreaga scală a frecvențelor mai înalte. Datorită unității funcționale a celor două verigi aferente ale analizatorului auditiv, administrarea unui sunet unei singure urechi determină scăderea sensibilității și la urechea opusă. Aceasta constituie un argument esențial în favoarea tezei cu privire la participarea mecanismelor centrale în procesul adaptării.

S-au constatat, de asemenea, cazuri cînd după acțiunea sunetului s-a produs nu scăderea sensibilității, ci dimpotrivă, creșterea ei. Acest

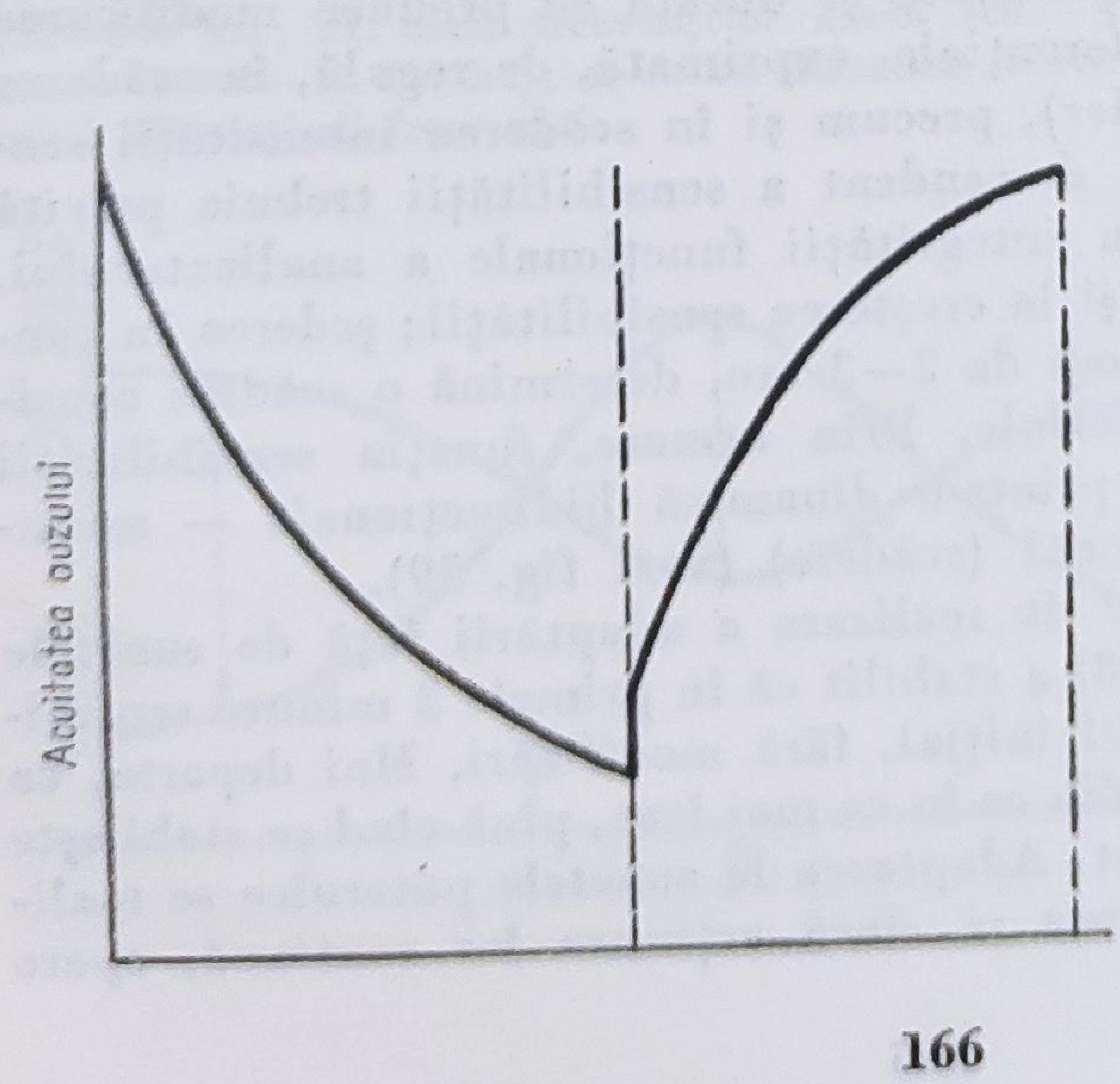


FIG. 39. CURBA ADAPTĂRII SENSIBILITĂȚII AUDITIVE (DUPĂ LAZAREV)

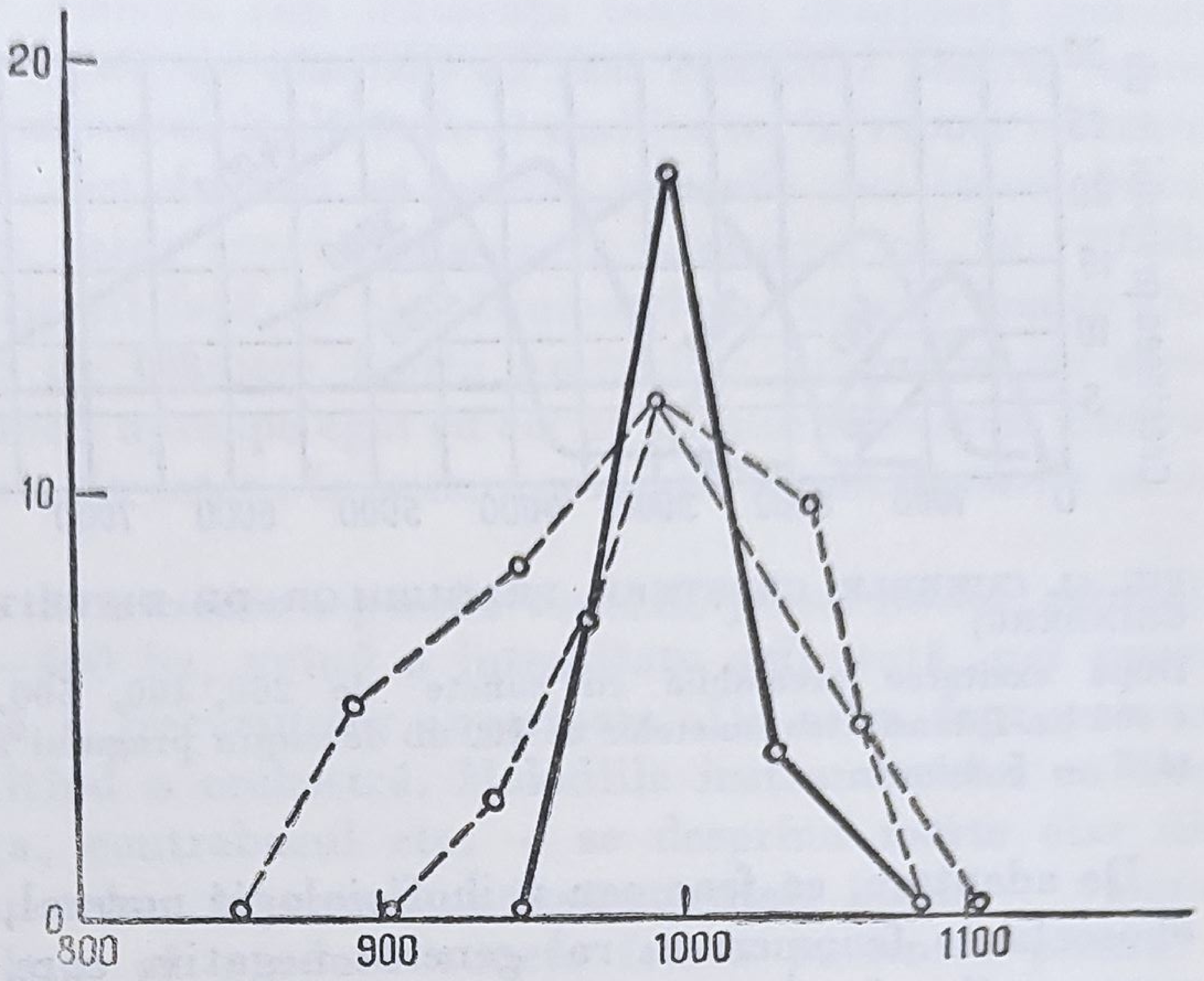


FIG. 40. MODIFICAREA PRAGURILOR LA DIFERITE FRECVENȚE ÎN URMA ACȚIUNII ÎNDELUNGATE (1 min.) A SUNETULUI DE 1 000 hz

fenomen descoperit de Bronștein (1936) se manifestă cu precădere la acțiunea excitanților slabi (pragali).

Cercetările efectuate prin metoda condiționării au demonstrat că adaptarea în sfera analizatorului auditiv depinde de valoarea de semnalizare a sunetelor-stimul. Astfel, față de sunetele „semnificative" modificarea în direcția scăderii sensibilității se produce mai încet, decît la cele lipsite de semnificație. În sfera sensibilității auditive procesele adaptării pot fi supuse reglajului voluntar. Prin intermediul autoîntăririi verbale se poate realiza o adaptare selectivă. Astfel, deși se acționează timp îndelungat cu sunete puternice sau mijlocii, datorită montajului intern pregătitor, care se formează în contextul special al sarcinii perceptive date, sensibilitatea auditivă față de sunetele mai slabe se poate menține încă ridicată. Acest lucru se poate constata deosebit de pregnant la muncitorii din halele uzinelor metalurgice unde zgomotul de fond deși foarte puternic (aproximativ 100 db), nu diminuează sensibilitatea față de vibrațiile mult mai slabe ale mașinilor (strunguri, freze etc.). Aceasta înseamnă că sensibilitatea auditivă a omului se realizează prin mecanisme funcționale mult mai complexe decît cele bazate pe proprietățile structurale și fiziologice native ale analizatorului.

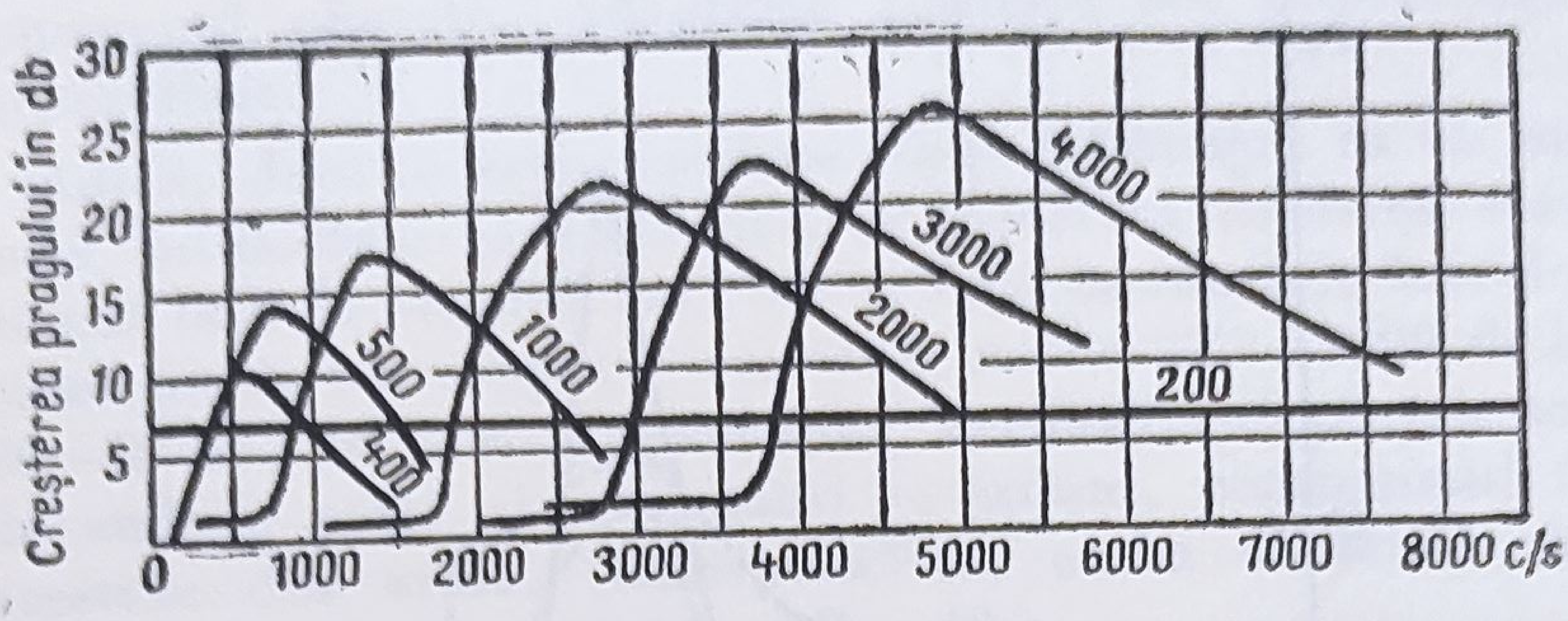


FIG. 41. CURBELE CREȘTERII PRAGURILOR DE DIFERITE FRECVENȚE (DIN G. GRINBERG)
După excitarea prealabilă cu sunete de 200, 400, 500, 1 000, 2 000, 3 000 și 4 000 hz. Intensitatea sunetelor de 100 db deasupra pragului audibilității; durata excitării — 5 minute

De adaptare, ca fenomen psihofiziologic normal, trebuie să deosebim oboseala ca fenomen cu rol general negativ, care duce la tulburarea parametrilor funcției sensibilității auditive. Într-adevăr, cînd sunetul atinge o anumită intensitate și durată se produce epuizarea treptată a resurselor energetice ale analizatorului și scăderea considerabilă a capacității lui de lucru. Reversibilitatea modificărilor funcționale provocate de acțiunea destructivă a sunetului este posibilă după trecerea mai multor ore sau chiar zile. În funcție de particularitățile psihofiziologice ale subiectului și de gradul de profunzime atins, oboseala auditivă se poate exterioriza în două forme: în forma unei noi scăderi a sensibilității față de nivelul atins în adaptare cu tendința de instalare a stării inhibiției de protecție și în forma unei stări de surexcitare excesivă, însoțită de reacții de apărare de tip exploziv. Dacă oboseala atinge un grad de profunzime deosebit, modificările funcționale ale sensibilității pot fi însoțite și de afecțiuni organice. În cazul acțiunii unui sunet a cărui intensitate depășește toleranța funcțională a analizatorului poate apare un traumatism puternic al verigii receptoare. Deosebit de nocivă este influența zgomotelor. Aceasta, dacă se permanentizează, provoacă o slăbire a rezistenței funcționale generale a s.n.c., ca urmare a iradierii puternice a excitației din zona auditivă. De aceea, lupta împotriva zgomotelor, cel puțin a celor mai puternice, este nemijlocit legată de ocrotirea sistemului nervos al omului și a sănătății sale psihofiziologice.

Mascarea. Acțiunea simultană asupra aparatului auditiv a două sau mai multor sunete diferite ca intensitate și frecvență dă fenomenul *mascării*. Efectul mascării se determină de creșterea pragului audibi-

lităţii faţă de tonul mascat, sub influenţa tonului dominant (mascator). Măsurătorile acţiunii de mascare au fost efectuate pentru tonuri de înălţimi diferite, atît mai înalte, cît şi mai joase, în raport cu tonul dominant (mascator). S-a dovedit că pentru tonurile mai joase efectul mascării este relativ mic, exprimîndu-se în creşterea cu 10—20 db. a pragurilor sensibilităţii faţă de ele. Dimpotrivă, tonurile înalte sînt supuse unei acţiuni de mascare foarte puternice; pragurile lor cresc cu un număr de decibeli aproape egal cu cel al tonului mascator. Efectul mascării este deosebit de intens în zona apropiată de obertonurile sunetului mascator.

O puternică forţă de mascare o posedă tonurile joase. Astfel, sunetele cuprinse între 200—400 hz, avînd o intensitate suficientă, pot masca serios întreaga zonă a frecvenţelor superioare. De acest fapt ne vom convinge uşor ascultînd o orchestră. Melodiile instrumentelor cu frecvenţă joasă — orga, contrabasul etc. — se desprind foarte clar din întreaga masă a sunetelor, în vreme ce instrumentele înalte — vioara, flautul etc. — trebuie să producă sunete foarte puternice pentru a putea fi auzite pe fondul sunetelor joase.

Mascarea simultană nu se realizează însă numai în funcţie de frecvenţă şi intensitate. Din datele obţinute de unii autori cu privire la posibilitatea de mascare a tonurilor pure scurte de către zgomote (Garner şi Miller, 1947, Green, Birdsall şi Tanner, 1957; Hamilton, 1957 ş.a.) şi a unor zgomote scurte (pocnituri) de către tonuri pure (Hirsh, Rosenblith şi Wood, 1950) se poate deduce ipoteza că, în afară de frecvenţă, în fenomenul mascării intervin şi alţi factori, ca de pildă, durata sunetelor şi aşa-numita *preferinţă funcţională* a analizatorului. Mascarea simultană presupune întotdeauna o deplasare în nivelul pragurilor în raport cu sunetele date. Urmărirea dinamicii acestei deplasări a constituit obiectul multor cercetări (Harris, 1947, Egan, 1955, Thwing, 1956, Goldburt 1964 ş.a.). Lăsînd la o parte anumite deosebiri de detalii, majoritatea autorilor susţin ideea modificării rapide a pragului faţă de sunetul mascat în direcţia creşterii şi menţinerea lui la un punct constant timp relativ îndelungat. Caracterul modificării pragului depinde de durata sunetului mascat. Astfel, în cazul tonurilor scurte, pe fondul sunetului mascator de durată lungă, curba modificării pragului are de obicei o formă asimetrică, cu scădere bruscă în zona frecvenţelor joase şi cu un nivel stabil ridicat în zona frecvenţelor înalte. În cazul cînd frecvenţele sunetelor coincid, curba respectivă nu înregistrează „căderi". În general, efectul mascării depinde de criteriul relevării tonului mascat. Ca indicatori ai pragului relevării se ia: 1) modificarea tonului mascator şi 2) diferenţierea tonalităţii

sunetului mascat. De asemenea, nivelul mascării depinde de raporturile temporare dintre cele două sunete. Din acest punct de vedere, se disting două forme ale mascării: anterioară și posterioară. În primul caz, sunetul care maschează precede cu 1—5 miimi de secunde sunetul mascat. În al doilea caz, invers, sunetul mascat precede cu același interval sunetul mascator. Comparînd rezultatele obținute în cele două situații, constatăm că efectul mascării posterioare este mai puternic decît cel al mascării anterioare. De aci se desprinde următoarea concluzie de ordin practic. Atunci cînd se folosește mascarea ca procedeu de atenuare a influenței nocive a unor zgomote, pentru atingerea unor rezultate optime se recomandă declanșarea inițială a sunetelor care urmează a fi supuse mascării, iar apoi, la un interval foarte scurt, a sunetelor mascatoare. Deși, practic, subiectul nu sesizează succesiunea în timp a sunetelor, fiziologicește, se creează condiții prielnice pentru dezvoltarea rapidă a fenomenului mascării.

Pe de altă parte, trebuie menționat faptul că în condiții speciale, mascarea se poate realiza și monaural, (cele două sunete administrîndu-se unei singure urechi). Se constată că efectul mascării monaurale este mai puternic decît cel al mascării binaurale. Acest fapt ar putea fi pus pe seama reducției efectului influenței unui sunet asupra altuia prin intermediul intervalului dintre acțiunea lor. Din cercetările efectuate de Elliot (1962) reducția este foarte rapidă cînd sunetul mascator urmează după sunetul mascat la un interval foarte scurt și mult mai lentă în cazul cînd el precede sunetul mascat.

Esența proceselor fiziologice care stau la baza mascării sunetelor este insuficient cunoscută. Fenomenul mascării a servit la timpul său ca argument serios împotriva teoriei rezonanței elaborată de Helmholtz. Desigur, însă, acest fenomen nu poate fi pus doar pe seama proprietăților funcționale ale receptorului. În realizarea lui sînt implicate procese care se produc în interiorul structurii nervoase a analizatorului, la toate nivelurile de reprezentare. O importanță primordială o au mecanismele inhibiției de diferențiere și amînare. Pentru ca pe fondul sunetului mascator care acționează continuu, analizatorul auditiv să poată „detecta" prezența și a altor sunete, este necesar ca scoarța să înhibe (atenueze) recepționarea primului sunet. De această capacitate inhibitorie depinde mărimea modificării pragului auzului în raport cu sunetele mascate: cu cît funcția inhibitorie se realizează mai bine, cu atît pragul respectiv se modifică mai puțin, iar diferențierea sunetelor devine mai eficientă, și viceversa. De aci rezultă că în dinamica mascării există deosebiri și particularități individuale destul de pronunțate. Totodată, analiza fenomenului mascării ne dezvăluie anumite

particularităţi funcţionale ale analizatorului auditiv în general. În primul rînd, trebuie presupus că, în momentul acţiunii simultane a două sau mai multor sunete, capacitatea sa rezolutivă scade relativ. Cîmpul perceptiv astfel organizat ridică dificultăţi serioase în calea relevării elementelor componente şi identificării lor. Ca urmare a unei iradieri neselective a excitaţiei, se produce un proces de însumare globală, în care unele sunete îşi pierd individualitatea complet, (cele mascate), iar altele îşi modifică caracteristicile (cele care maschează). În acelaşi timp, modelele perceptive auditive care se elaborează în procesul recepţionării vibraţiilor sonore nu ating acelaşi grad de perfecţiune în raport cu toate frecvenţele şi intensităţile. Ca atare, între ele se pot crea raporturi de inducţie sau de subordonare funcţională: în vreme ce unele funcţionează la nivel optim, altele îndeplinesc un rol auxiliar etc. În sfîrşit, modul însuşi de organizare funcţională a analizatorului auditiv favorizează producerea fenomenului mascării. O sumă de date şi observaţii experimentale şi îndeosebi clinice ne îndreptăţesc să considerăm că sistemul auditiv este specializat cu precădeere în recepţionarea, diferenţierea şi ordonarea seriilor succesive ale stimulilor sonori. Pentru o diferenţiere optimă este necesar ca între stimuli să existe un interval cel puţin egal cu perioada fazei refractare a sistemului (adică aproximativ 200 miimi de secundă).

Scurtarea intervalelor dintre excitări duce la creşterea pragurilor, iar prezentarea simultană a două sau trei sunete creează deja dificultăţi serioase pentru procesul recepţiei etc.

Într-un cuvînt, nivelul excitaţiei succesoare depinde de urmele celor precedente, ceea ce se exprimă în modificarea aprecierii calităţilor celui de-al doilea sunet. Probabil, în fiecare moment este posibilă deosebirea unui aspect al stimulului, dar această posibilitate este selectivă, variabilă, în funcţie de dominantă (Uhtomski, 1927), sau de punctul „excitabilităţii optime"a scoarţei.

5
Funcţia localizării spaţiale a sunetelor

Ca analizator de distanţă, auzul joacă un rol extrem de important în orientarea omului în mediul înconjurător. Sursele sonore se pot afla în poziţii spaţiale diferite. De aceea, procesul recepţiei auditive, pe lîngă

sesizarea şi discriminarea proprietăţilor structurale ale vibraţiei sonore, include în sine, în calitate de componentă necesară, identificarea direcţiei din care vine sunetul, a distanţei şi punctului exact al sursei sonore. Această funcţie este cunoscută în psihologie sub denumirea de „ototopică". După mecanismele prin care se realizează, ea este deosebit de complexă, mai complexă decît diferenţierea frecvenţei sau intensităţii şi similară cu funcţia diferenţierii configuraţiei acustice.

Funcţia localizării spaţiale a sunetelor este condiţionată, în primul rînd, de interacţiunea dintre cele două verigi pereche ale analizatorului auditiv (cei doi receptori cu căile lor specifice de conducere şi proiecţiile corespunzătoare la nivelul formaţiunilor nervoase superioare). Oamenii surzi la o ureche, de pildă, întîmpină dificultăţi serioase în precizarea caracteristicilor spaţiale (îndeosebi a direcţiei şi locului) sunetelor, iar pentru a realiza acest lucru ei sînt nevoiţi să recurgă la ample şi frecvente mişcări de rotire a capului; or, oamenii normali pot identifica locul sunetului ţinînd capul în poziţie fixă Prin urmare, este pe deplin întemeiată afirmaţia că localizarea spaţială a sunetelor este un efect *binaural*.

În general, funcţia localizării spaţiale a sunetelor se caracterizează printr-o înaltă precizie: în plan orizontal, majoritatea oamenilor cu auz normal pot sesiza o deviaţie de 3—4° a unghiului direcţiei sunetului de la poziţia medie. Aparatul binaural este mai puţin sensibil în raport cu deviaţiile direcţiei sunetului în plan vertical.

Percepţia spaţială a sunetelor se realizează prin mecanisme integratoare şi comparatoare dispuse la diferite niveluri ale sistemului nervos. Pe baza metodei extirpărilor (aplicată pe animale) s-a emis ipoteza că un prim nivel de interacţiune şi confruntare a impulsurilor sosite de la cei doi receptori se găseşte chiar în segmentele inferioare ale trunchiului cerebral (nucleul mijlociu al olivei bulbare); al doilea se situează în limitele corpului geniculat median, iar al treilea — în zonele corticale de proiecţie. Pentru realizarea efectului binaural este absolut necesară legătura directă dintre cele două emisfere cerebrale. Lezarea ei duce la tulburarea localizării spaţiale a sunetelor (Pavlov, Andreev, 1923).

Un rol esenţial în procesul localizării spaţiale a sunetelor îl are principiul diferenţei simple, bazat pe admiterea inegalităţii distanţei sursei sonore în raport cu cele două urechi. Aceasta face ca în cei doi receptori să ia naştere două focare de excitaţie de intensitate diferită: receptorul aflat mai aproape de sursa sonoră va fi mai puternic impresionat decît omologul său. Pe de altă parte, datorită aceleiaşi condiţii, vibraţiile acustice ajung la cei doi receptori în faze diferite.

În sfîrşit, urechea situată mai aproape de sursă recepţionează sunetul ceva mai devreme decît cealaltă.

Prin urmare, principiul diferenţei simple permite desprinderea următorilor factori care facilitează funcţia de localizare spaţială a sursei sunetelor: 1) diferenţa intensităţii focarelor de excitaţie în cele două verigi ale analizatorului; 2) diferenţa fazelor undelor sonore care sosesc la cei doi receptori; 3) diferenţa intervalelor de timp ale sosirii la cei doi receptori a fazelor egale ale vibraţiei acustice.

Efectul binaural este supus unor mari oscilaţii şi depinde de planul în care este administrat sunetul (orizontal sau vertical) şi îndeosebi de frecvenţă. Ca atare, niciunul din factorii menţionaţi nu poate asigura funcţia localizării sunetelor pe tot registrul audibilităţii; luaţi separat, ei au o sferă limitată de acţiune.

Ipoteza ,,diferenţei intensităţii sunetului în cele două verigi ale analizatorului'' explică satisfăcător efectul binaural pentru sunetele înalte, a căror lungime de undă este mai mică decît distanţa dintre urechi (19—21 cm). Este puţin probabil că în limitele aceleiaşi unde poate fi o diferenţă mare în tăria sunetului. Şi, într-adevăr, pentru frecvenţele joase, de exemplu, pentru tonul de 100 de hz., a cărui lungime de undă este aproximativ de 340 cm, diferenţa în tăria sunetului, la nivelul celor doi receptori, abia atinge 4%, valoare care, evident, nu poate fi înregistrată de auzul nostru.

Dimpotrivă, în cazul frecvenţelor mai înalte, diferenţa în tăria sunetului (pentru cele două urechi) este destul de mare. În cazul tonului de 500 hz. lungimea undei este aproximativ 68 de cm.; diferenţa dintre nivelele de forţă ale sunetului în cei doi receptori, în cazul cînd subiectul efectuează mişcări de întoarcere a capului, atinge 7 db, adică se modifică de 4 ori, în cazul frecvenţei de 2000 hz, a cărei lungime de undă este de 17 cm, această diferenţă creşte pînă la 30 db. adică se modifică de 1000 de ori (Grinberg, Zasosov, 1957).

Fireşte, în activitatea de percepere cotidiană a sunetelor, nu se constată o diferenţă atît de mare între două tonuri cu frecvenţe îndepărtate (între 100 hz şi 800 hz, să spunem). Aceasta se explică, probabil, prin elaborarea unor modele generalizate în cadrul cărora deosebirile dintre sunete, mai ales cele mai puţin semnificative, cum sînt deosebirile de intensitate, se atenuează. De asemenea, nu este exclus ca aci să intervină influenţa fenomenelor adaptării şi mascării.

Rolul celui de al doilea factor (diferenţa de fază) în localizarea spaţială a sunetelor nu a fost suficient precizat. Este adevărat că, datorită influenţei a o serie de condiţii (distanţa fiecărei urechi de sursa sonoră, ,,umbra'' capului, direcţia curenţilor de aer etc.) vibraţia sonoră poate

sosi la cele două urechi în faze diferite — (de condensare sau rarefiere). Se întreabă, însă dacă în cazul unei diferențe egale a fazelor se obține o deplasare egală a imaginii auditive cu același unghi pentru toate frecvențele? Pe baza analizei matematice a relației $\varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot t$, se conchide că acest lucru nu este posibil. Din relația de mai sus, se vede că faza φ este invers proporțională cu perioada vibrației T sau direct proporțională cu frecvența vibrației. Prin urmare, diferența fazelor trebuie să crească odată cu frecvența vibrației. Din practică se cunoaște că mărimea unghiului de deviație a sursei sonore față de planul median depinde, în primul rînd, de mărimea diferenței traiectoriilor, iar nu de frecvența sunetelor. Apoi, dacă acuitatea determinării direcției sunetului ar depinde de frecvența tonului, atunci sursa unui sunet complex, alcătuit din cîteva componente, ar trebui să se localizeze în direcții diferite, ceea ce în mod normal nu se întîmplă. Așadar, urmează să conchidem că factorul ,,diferența de fază'' nu acționează de sine stătător în procesul recepției spațiale a sunetului. Totuși, el nu poate fi nici exclus. Se pare că rolul său devine mai activ în aprecierea distanței sursei sonore.

În determinarea rolului celui de al treilea factor ,,diferența de timp'' esențiale au fost experimentele lui Stewart (1917). Cu ajutorul unui telefon, acest autor a dirijat spre cele două urechi două sunete cu aceeași frecvență și intensitate; cu ajutorul unui comutator, el putea crea orice diferență în fazele dintre cele două sunete.

Stewart a arătat că, în limitele 100—1200 hz, între diferența fazelor, care dă o deplasare a imaginii auditive de la planul median de a°, și frecvența tonului N există o corelație care poate fi exprimată prin formula

$$\frac{\varphi}{a^\circ} = 0,0036\ N.$$

Substituind în această relație pe φ cu echivalentul său $\frac{2\pi}{T}\ t$, iar pe N cu echivalentul său $\frac{1}{T}$ obținem: $\frac{2\pi}{T}\ r \cdot a^\circ = \frac{0,0036}{T}$, de unde $t = a^\circ \cdot \frac{0,0036}{2} = a^\circ \cdot 10^{-5}$.

Formula arată că, în cazul aceleiași diferențe a momentului sosirii sunetului la cele două urechi, se obține aproximativ un unghi egal al oscilației imaginii auditive, independent de frecvența tonului; și această diferență de timp se calculează în sutimi de miimi de secundă.

Datele lui Stewart au fost confirmate apoi şi de experimentele lui Hornbostel şi Wertheimer (1920). Folosind aşa-numitele impulsuri sonore, autorii respectivi au stabilit că, în cazul unei diferenţe de timp de $3 \cdot 10^{-5}$ secunde, imaginea auditivă pare deplasată cu 3° şi că această deplasare (cea mai mică) corespunde diferenţei de 1 cm dintre traiectorii. Deplasarea maximă a imaginii auditive cu 90° se obţine în cazul diferenţei de 21 cm dintre traiectorii, ceea ce corespunde unei diferenţe de timp de $21 \cdot 3 \cdot 10^{-5}$ sec. $= 63 \cdot 10^{-5}$ sec.; în cazul creşterii ulterioare a diferenţei temporare, judecăţile subiectului despre direcţia sunetului devin confuze, nesigure, iar dacă această diferenţă creşte pînă la $120 \cdot 10^{-5}$ sec., ceea ce corespunde unei diferenţe a traiectoriilor (paşilor) de 43 cm., imaginea auditivă se dedublează: subiectul percepe cu fiecare ureche cîte un sunet distinct.

Ulterior, Békésy (1930) a dovedit că ipoteza diferenţei temporare explică efectul binaural în mod satisfăcător numai pentru frecvenţele la care lungimea unei jumătăţi de undă este mai mare de 21 cm, adică pentru tonurile mai mici de 800 hz. Lungimea undei întregi pentru sunetul de 800 hz este de aproximativ 42,5 cm; deci lungimea jumătăţii de undă este de 21 cm. În acest caz, deplasarea maximă de 90° a imaginii auditive se va obţine atunci cînd sunetul se dirijează spre cele două urechi în faze opuse. (Ar urma deci, că cel mai mare contrast ototopic ar trebui să se obţină la sunetul de 400 hz, a cărui lungime de undă este de aproximativ 80 cm).

În cazul frecvenţelor mai înalte ale căror jumătăţi de undă au o lungime de 21 cm (tonurile 800 hz) pot exista mai multe combinaţii ale sosirii fazelor egale la fiecare ureche iar, ca urmare, judecata despre direcţia sunetului devine nesigură, adesea eronată.

Prin urmare, capacitatea de diferenţiere a direcţiei sunetului şi de localizare precisă a lui în spaţiu este condiţionată de interacţiunea tuturor celor trei factori: diferenţa de intensitate (pentru frecvenţele înalte), diferenţa în timpul de sosire a fazelor egale la cele două urechi (pentru frecvenţele joase), raportul de fază (în ambele cazuri).

Dar, pe lîngă factorii menţionaţi, care sînt de natură mai mult fizică, în localizarea spaţială a sunetelor intervin probabil şi alţii, mai puţin cercetaţi, ca de exemplu: conformaţia generală a capului, a pavilioanelor urechii, timbrul sunetelor, sistemul constantelor percepţiei auditive, cadrele generale de referinţă etc. Un rol deosebit îl joacă interacţiunea analizatorului auditiv cu cel vizual.

În condiţiile obişnuite, perceperea sunetului este însoţită şi de vizualizarea sursei de la care emană el. Ca urmare, între analizatorul auditiv

şi cel vizual se formează o strînsă legătură informaţională. Întrucît sunetul nu există independent în natură, ci este expresia vibraţiei corpurilor materiale, devine firească tendinţa noastră de a-l raporta permanent la un anumit corp din cîmpul vizual. Ca urmare, informaţiile vizuale vor influenţa permanent şi esenţial percepţia auditivă a direcţiei şi locului de origine a sunetului. Acest fapt a fost evidenţiat experimental de multă vreme. Încă în 1910 Klemm a constatat că atunci cînd subiectului i se prezintă un sunet, iar în cîmpul lui vizual se găseşte un obiect care ar fi putut genera sunetul respectiv, de exemplu un aparat telefonic, localizarea sunetului se deplasează spre obiectul dat. Mai tîrziu, fenomenul a fost cercetat sistematic în laboratorul lui E. N. Sokolov, de către I. A. Kulaghin. Experimentele efectuate au permis să se conchidă că interacţiunea dintre analizatorul auditiv şi cel vizual în procesul localizării spaţiale a sunetelor are la bază o legătură temporară naturală. Această legătură are un grad diferit de trăinicie şi de activare, în funcţie de experienţa perceptivă anterioară a subiectului şi de măsura comparabilităţii dintre caracteristicile definitorii ale sunetului şi proprietăţile funcţionale (acustice) ale obiectului din cîmpul vizual. Astfel, subiecţii care, în procesul percepţiei anterioare, au avut prilejul să lege de fiecare dată sunetul auzit de un anumit obiect (adecvat) manifestă mai puternic tendinţa de deplasare a sunetului în direcţia obiectului vizual, cu toate că el este generat din altă parte. Cît priveşte cel de al doilea factor, se dovedeşte că, cu cît potrivirea dintre sunetul — stimul şi obiectul din cîmpul vizual este mai mare, cu atît şi tendinţa subiectului de a „deplasa" imaginea auditivă în direcţia acestui obiect este mai puternică. În cazul introducerii „sancţiunii" asupra reacţiei de răspuns a subiectului, care să-l ajute să conştientizeze contradicţia dintre informaţia vizuală şi cea auditivă, localizarea sunetului se face preponderent după auz. Aceasta demonstrează că legătura temporară de care am amintit are un caracter controlabil, determinat probabil de integrarea ei în sistemul reglajului verbal. Fără îndoială, cuvîntul participă şi în procesul elaborării ei. La om verbalizarea este un mecanism esenţial de realizare a procesului percepţiei. În cazul de faţă, denumirea sunetelor, prin care ele se fixează şi se păstrează în experienţa senzorială sistematizată, se face, în cea mai mare parte, prin raportarea lor la obiect (sunet de sonerie, sunetul viorii, al telefonului, claxonului, pianului etc.). Iar aceasta facilitează formarea acelei legături temporare dintre auz şi văz, care se include ca mecanism psihofiziologic specific în localizarea spaţială a sunetelor.

6
Auzul muzical și auzul verbal (recepția muzicii și a limbajului)

Sistemul auditiv al omului s-a dezvoltat și perfecționat în procesul perceperii unor stimuli de un gen deosebit — seriile sunetelor muzicale și verbale. Acestea au impus în mod obiectiv elaborarea unor mecanisme noi de analiză, sinteză și integrare, pe lîngă cele legate de recepționarea sunetelor și zgomotelor din natură. Întrucît muzica și limbajul reprezintă forme specifice ale activității umane, perceperea lor este nemijlocit condiționată (structural) social-istoric.

În raport cu cele două realități acustice specifice — muzica și limbajul — se structurează două sisteme funcționale diferite: sistemul auzului muzical și sistemul auzului verbal. Existența lor a fost dovedită atît experimental cît și pe bază de observații clinice. Cercetările laboratorului lui A. N. Leontiev (1958—1960) au demonstrat nu numai că cele două sisteme există, dar că fiecare își are individualitatea sa distinctă, modul său propriu de organizare. În procesul recepției ele pot intra chiar în raporturi conflictuale. Acest lucru se întîmplă mai ales în cazurile cînd principiul de structurare a sistemului limbii nu corespunde cu principiul organizării sistemului muzicii (pentru limbile atonale-indoeuropene). Dezvoltarea și consolidarea sistemului verbal, în condițiile cînd subiectul nu este supus instruirii muzicale sistematice, poate îngreuna ulterior formarea și dezvoltarea auzului muzical. De aceea, „muzicalizarea" adultului este mai dificilă decît cea a copilului nu pentru că sensibilitatea absolută și relativă a lui ar fi mai scăzută, ci tocmai pentru că sistemul auzului verbal fiind mai puternic consolidat opune o anumită rezistență, după legea luptei pentru cîmpul de acțiune, constituirii noului sistem. În cazul cînd cele două sisteme se dezvoltă de la început împreună, între ele se formează raporturi sinergice, de compensare reciprocă.

Ca obiect al percepției, muzica prezintă o structură extrem de complexă. Pe de o parte, ea apare ca o gamă de serii sonore heterogene, alcătuite din sunete de diferite înălțimi, intensități și durate, organizate în moduri foarte variate. Ca orice cîmp perceptiv, ea conține elemente mai clare (proeminente) și elemente mai umbrite, laturi principale nodale și laturi secundare etc. Toate însă la un loc formează un întreg unitar, individualizat, cu proprietăți calitative specifice, care nu pot fi reduse la suma mecanică a însușirilor sunetelor componente.

Prin urmare, analizatorul auditiv trebuie să realizeze imaginea generală a structurii muzicale recepţionate, înregistrînd în acelaşi timp prezenţa de sine a elementelor componente. Sarcina dată este complicată de faptul că structurile muzicale sînt organizate serial, după principiul succesiunii în timp.

Orice bucată muzicală, oricît de restrînsă ar fi sub raportul volumului general de sunete care o alcătuiesc, îşi capătă viabilitatea de întreg numai desfăşurîndu-se în timp. Perceperea ei presupune înregistrarea fiecărui segment (moment), păstrarea lui, stabilirea legăturii cu segmentul următor şi, în final, integrarea tuturor segmentelor anterioare într-o imagine generală unitară, pe baza căreia să poată fi identificată şi apreciată ca întreg.

În procesul integrării, segmentele recepţionate anterior îşi modifică permanent caracteristicile lor sub influenţa celui recepţionat în momentul prezent. Aceasta reclamă menţinerea activităţii rezolutiv-integrative a sistemului auditiv la nivel optim pe o perioadă mai îndelungată. Altminteri, ar apare omisiuni care pot duce la perturbarea procesului de ansamblu al percepţiei, la denaturarea imaginii „muzicale" finale.

Pe de altă parte, ca operă de artă, muzica are un bogat conţinut reflectoriu, ea redînd idei şi sentimente, înfăţişînd în formă specifică fenomene şi evenimente naturale sau sociale. De aceea perceperea ei nu poate fi redusă exclusiv la înregistrarea pasivă, neutră a complexelor sonore, ci presupune neapărat surprinderea semnificaţiei ideatice şi emoţional-afective pe care o poartă.

Ca proces de o deosebită complexitate, percepţia muzicii se formează numai în cadrul activităţii speciale de ascultare, descifrare, reproducere sau producere a muzicii. Dezvoltarea percepţiei muzicale constituie o premisă necesară pentru elaborarea structurii integrale a aptitudinilor şi talentelor muzicale. Nu se poate vorbi de existenţa unei aptitudini sau talent muzical valide, în afara capacităţii de percepere adecvată a muzicii pe cale auditivă.

La baza realizării acestei modalităţi perceptive stă auzul muzical. Acesta este un sistem complex structurat. În cadrul lui, se disting cu uşurinţă două subsisteme principale: *auzul melodic* şi *auzul armonic*.

Prin auz melodic se înţelege de obicei capacitatea de a recepţiona, trăi, recunoaşte şi reproduce o melodie monofonică. Astfel, putem spune că posedă un auz melodic dezvoltat acela care poate reţine uşor, de la prima prezentare, o melodie cu o structură simplă. Auzul melodic se poate însă manifesta şi în interiorul procesului percepţiei. Tocmai el constituie acel mecanism specific care face ca melodia să nu fie recep-

ționată ca o simplă serie de sunete, ci ca o serie de „intervale” care transmite o anumită dispoziție, fiind expresia unui anumit conținut. Pe scurt, auzul melodic asigură perceperea unei melodii într-adevăr ca melodie, iar nu ca sunete disparate. O particularitate esențială a auzului melodic rezidă în sensibilitatea față de exactitatea intonației: capacitatea subiectului de a respecta el însuși o intonație precisă și capacitatea lui de a aprecia exactitatea intonației altcuiva. O componentă foarte importantă a auzului melodic este simțul „intervalelor” (îndeosebi al intervalelor de înălțime (Teplov, 1947, Wever, 1951, Leontiev, 1960). La majoritatea oamenilor (exceptînd doar pe aceia care posedă un auz absolut dezvoltat), senzația de „înălțime muzicală” apare numai dacă există cel puțin două sunete. Ceea ce o provoacă în mod nemijlocit este intervalul sau diferența dintre frecvența celor două sunete; ea este deci o reacție la raport. „Trăirea” intervalului de înălțime constituie o funcție specifică a „omului muzical”. Datele cercetărilor și observațiilor arată că în dezvoltarea auzului melodic se relevă două stadii: 1) „învățarea” recunoașterii și reproducerii doar a „curbei melodice” (adică a direcției de mișcare a înălțimii, succesiunea „urcușurilor” și „coborîșurilor”); 2) „învățarea” recunoașterii și reproducerii intervalelor (raporturilor de înălțime), (Brehmer, 1925, Stern 1927, Teplov, 1947, Licklider, 1951, Cherry, 1961). Primul stadiu ne arată că în percepție predomină încă componenta timbrală a sunetelor, ea mascînd înălțimea muzicală propriu-zisă. Cel de al doilea marchează existența funcției de detectare și diferențiere a înălțimii muzicale, însoțită de trăirea intervalului. Numai din acest moment se poate vorbi de constituirea auzului melodic în adevăratul înțeles al cuvîntului. Primul stadiu poate fi atins relativ ușor de către toți copiii; cel de al doilea devine deja o caracteristică individuală diferențiatoare și este mult mai greu realizabil. Simțul intervalelor presupune formarea nu numai a capacității de apreciere a distanței dintre sunete. Orice interval este, în fond, o structură complexă cu calități sonore specifice, condiționate de corelațiile cantitative ale numărului de vibrații componente. Astfel, ceea ce caracterizează un auz melodic veritabil este relevarea „calității” intervalului.

Din acest simț al intervalului se dezvoltă funcția raporturilor intramelodice — o altă componentă de bază a auzului melodic. Datorită ei, devine posibilă perceperea melodiei în aspectele sale sinusoidale proprii. Astfel, unele sunete care alcătuiesc melodia vor fi percepute ca „stabile”; adică ele creează impresia de „închis” de „finit”, atunci cînd melodia se termină cu ele. Altele, dimpotrivă, se percep ca instabile sau deschise, dînd impresia de neterminat și reclamînd trecerea la sune-

tele stabile. Stabile sînt sunetele acordului tonic: treptele I, III și V; instabile sînt toate celelalte sunete și îndeosebi treapta a VII-a, așa-numitul ton introductiv. ,,Funcția raporturilor'' se exprimă, pe de o parte, în tendința subiectivă de a termina melodia pe *tonică*, iar pe de altă parte în aprecierea ca neterminată a unei melodii care se încheie cu sunete instabile. Ea nu este posibilă fără dezvoltarea prealabilă a senzației înălțimii muzicale și a simțului intervalelor, prin perceperea sistematică și descifrarea melodiilor de diferite genuri. În acest proces, se dezvoltă o structură emoțională specifică (trăirea raporturilor dintre sunete) care se va include ca verigă componentă a mecanismului de apreciere a caracterului finit sau deschis, neterminat al melodiei. Totodată, această componentă emoțional-afectivă va condiționa într-o înaltă măsură muzicalizarea ulterioară a individului; formarea structurilor muzicale de tip semantic începe aproape întotdeauna prin sensibilizarea și crearea fondului aperceptiv de natură emoțională. Conținutul muzicii fiind impregnat cu trăiri emoționale, în procesul de asimilare a ei este necesar nu numai s-o asculți, ci și s-o trăiești în plan afectiv, să-i surprinzi și să-i pătrunzi expresivitatea. ,,Capacitatea'' ascultării muzicale se creează de muzica însăși. Și aceasta nu numai în sens istoric, ci și individual. Din punct de vedere psihologic, ar fi absurd să considerăm că putem dezvolta la început auzul muzical, iar apoi să apelăm la el pentru perceperea saturației emoționale a muzicii. Auzul muzical presupune o asemenea percepție a sonorităților care răspunde particularităților specifice ale muzicii ca mesaj. Și dacă este adevărat că muzica, în esența sa, este expresia unui conținut emoțional, atunci este logică presupunerea că și auzul trebuie să fie, într-un sens, un ,,auz emoțional''. Prin aceasta dorim să subliniem ideea că fără momentul emoțional nu poate exista un auz muzical veritabil (deși, firește, auzul muzical nu poate fi redus numai la o stare de emoționalitate sui generis). Funcțional, trebuie să distingem două laturi ale auzului melodic: a) capacitatea de a deosebi bine o intonație corectă de una falsă și b) capacitatea de a reproduce corect — cu vocea — o anumită melodie sau acord melodic. Cele două laturi nu se află neapărat într-o corelație pozitivă înaltă. Nu sînt chiar atît de rari cazurile cînd între ele apar discrepanțe semnificative: întîlnim adesea persoane care posedă la nivel optim capacitatea de a diferenția o intonație corectă de una falsă, dar care dispun de o capacitate foarte redusă de reproducere corectă a melodiilor. De aci decurge că în procesul educației muzicale cele două laturi trebuie elaborate special, asigurîndu-se permanent autocontrolul și activizarea adecvată a sensibilității vibra-

torii, care să ducă la dezvoltarea simţului raporturilor şi la formarea unor reprezentări auditive trainice ale înălţimilor sunetelor.

Auzul armonic. După cum am arătat, percepţia muzicii implică operaţia de identificare a caracteristicilor de înălţime, durată şi interval ale sunetelor şi operaţia de integrare sau fuzionare a lor într-o configuraţie unitară organizată spaţial. Acest fenomen, al fuzionării, analizat pentru prima dată de Stumpf şi cercetat în mod sistematic mai tîrziu de Stevens şi Volkmann (1940), Laekey Sayers şi Cherry (1958), Cherry (1961) ş.a. reprezintă momentul de delimitare a structurării celui de al doilea subsistem al auzului muzical şi anume auzul armonic. Acesta presupune capacitatea de integrare într-o configuraţie unitară a caracteristicilor frecvenţei, formei şi acordurilor dintre sunetele componente ale unei melodii, fără însă a le dizolva unele în altele. Pentru apariţia senzaţiei de armonie fuziunea sunetelor nu trebuie să fie absolută. Gradul de fuziune depinde cu precădere de raportul frecvenţei vibraţiilor (fuzionarea sunetelor octavei se produce la un nivel diferit de cea a sunetelor terţei sau qvintei; intervalele consonante asigură o fuziune mai mare decît cele disonante etc.). Modificarea de ordin cantitativ în gradul de fuzionare a sunetelor produce, la un anumit punct, un salt calitativ, care marchează trecerea de la perceperea timbrului la perceperea armoniei: în locul unui singur sunet auzim un complex sonor, organizat după anumite raporturi: de octavă, quintă, terţă, septimă etc.

La diferiţi indivizi, această trecere se realizează în puncte diferite ale modificării gradului de fuziune. Acordurile — componentele structurale de bază ale armoniei — se percep ca „mulţime" şi ca „unitate" în acelaşi timp. Prin urmare, trăsătura distinctivă a auzului armonic constă în aceea că, în planul intern al conştiinţei, avem concomitent o imagine unitară a întregului complex sonor şi senzaţii individuale, corespunzătoare sunetelor componente. Percepţia armonică nu este altceva decît relevarea unităţii în diversitate. Stumpf vedea criteriul distinctiv al auzului armonic în determinarea corectă a numărului sunetelor (octava se percepe ca un sunet, quinta ca două sunete, terţa ca trei, secunda mare ca patru etc.). Acest criteriu este însă insuficient. El trebuie completat prin indicarea necesităţii de relevare şi recunoaştere a înălţimii diferitelor sunete (nu înălţimea simplă, ci cea muzicală). În plan individual, auzul armonic prezintă nivele diferite de structurare: de la simplul „simţ" al potrivirii, pînă la acceptarea şi trăirea adecvată a trăsăturilor discordante şi contradictorii ale muzicii. În general, auzul armonic rămîne în urma celui melodic. Aceasta înseamnă

că există un număr incomparabil mai mare de oameni capabili să realizeze imaginea melodică, în raport cu cei care pot realiza imaginea armoniei, imagine care se bazează pe analiza și identificarea sonorităților simultane (înălțimea muzicală complexă). Sesizarea funcțiilor fonice (decorative) ale acordurilor (ca o a doua componentă a auzului armonic) este realizabilă și fără o analiză auditivă riguroasă, în virtutea simplului simț al consonanței.

Cadrul principal al dezvoltării auzului armonic îl reprezintă activitatea de percepere și reproducere a structurilor muzicale polifonice. Înțelegerea conținutului expresiv al muzicii polifonice este imposibilă numai pe baza percepției timbrale a sonorităților. De aceea, în mod obiectiv, muzica polifonică reclamă formarea unor mecanisme perceptive noi — auzul armonic. Auzul armonic fiind un produs mai tardiv decît cel melodic, și perceperea muzicii polifonice reprezintă o treaptă mai înaltă în evoluția muzicală a omului. Percepția armonică a muzicii polifonice presupune existența următoarelor premise: 1) acuitatea față de înălțime și intervale; 2) reprezentări auditive clare despre structura melodiei în ansamblu; 3) capacitatea discriminativă în „cîmpul" melodic; 4) simțul acordului. Prin urmare, auzul armonic se dezvoltă numai pe baza auzului melodic deja închegat.

În sfîrșit, percepția adecvată a muzicii reclamă elaborarea funcției specifice de reflectare a ritmului. Aceasta este legată pe de o parte de mecanismul reproducerii motorii (Leontiev, 1958) iar pe de altă parte de structurile emoționale ale expresivității. Ritmul caracterizează modul de desfășurare a „procesului" melodic în timp. De aceea, formarea simțului ritmului se realizează numai în procesul perceperii unui conținut muzical concret.

Prin **auz verbal** noi înțelegem sistemul funcțional specializat pentru percepția limbajului articulat. Percepția limbajului include două laturi: a) detectarea și diferențierea caracteristicilor fizice ale sunetelor verbale; b) identificarea sensului cuvintelor și propozițiilor. Cît privește prima latură, cercetările lui Licklider (1944), Baranek (1947), Licklider și Miller (1951), Miller (1966) ș.a. au stabilit că principalele însușiri de care depinde ea sînt: tăria, compoziția spectrală și nivelul descifrabilității. Tăria medie a vocii unui vorbitor în procesul conversației, care se desfășoară în limitele unei perioade mai mari de timp (incluzînd și pauzele dintre cuvinte și fraze) oscilează între 10 și 20 microvolți. Dacă se exclud pauzele, valoarea medie a tăriei crește cu aproximativ 50%. Dacă sunetele verbale se emit cu forța maximă a vocii, tăria lor poate ajunge la 100 microvolți. Vorbirea cu o voce slabă (dar nu în șoaptă) are

o tărie de 0,1 microvolți (Licklider și Miller, 1951). Între vorbirea cea mai încetă (șoapta) și cea mai puternică (strigătul) avem un registru de 60 db. Tăria unui cuvînt este determinată de intensitatea sunetelor componente (aceasta fiind diferită pentru consoane și vocale) și de combinațiile poziționale ale acestora. Vocalele au o intensitate mai mare decît consoanele; (intensitatea cea mai mare o posedă vocala „o" = = 47 microvolți, iar cea mai slabă consoana „ș" = 0,02 microvolți). Pentru ca recepția limbajului să se realizeze în mod optim, este necesar ca tăria sunetelor emise să depășească pragul inerției sistemul auditiv. Acest prag are un caracter strict individual, depinzînd de nivelul audibilității subiectului receptor. Valoarea perceptibilă a sunetelor verbale depinde apoi de intensitatea zgomotelor din canalul (mediul) de transmisie și de distanța dintre subiectul emițător și cel receptor. De aceea, tăria trebuie considerată o mărime de intrare variabilă și necesarmente modulabilă.

Compoziția spectrală exprimă raportul dintre frecvențele componente ale fiecărui sunet verbal. Fiecare sunet își are un spectru specific. După acest parametru, cele mai ușor discriminabile sînt, desigur, vocalele (îndeosebi, a, i și e). Consoanele, cuprinzînd vibrații neperiodice, ridică dificultăți mai mari pentru activitatea de identificare (existînd posibilitatea mascării reciproce; exemplu: între b—p, f—v, t—d). În cuvînt, sunetele alăturate interacționează între ele. Cu urmare, spectogramele unor consoane se modifică mult sub influența vocalelor care le preced sau le succed. Cel mai mult această influență o suferă consoanele k, g, h, n, l și r.

Nivelul descifrabilității desemnează rezistența recepției auditive a limbajului la influențele perturbatoare. El este luat ca indicator al eficienței comunicării verbale (timpul necesar pentru transmiterea și decodificarea semnalelor). Cu cît numărul repetărilor unuia și aceluiași semnal, pentru ca el să poată fi recepționat în mod optim, este mai mic, cu atît nivelul descifrabilității este mai ridicat și eficiența comunicării mai mare. Folosind metoda articulatorie (Fletcher, Steinberg, 1929) se poate determina cantitativ coeficientul de descifrabilitate. Acesta va fi dat de raportul dintre numărul de silabe, cuvinte sau propoziții corect reproduse de subiectul-perceptor și numărul total de semnale verbale emise de „dictor". Determinarea coeficientului de descifrabilitate este necesară pentru compararea diferitelor mijloace de comunicație, pentru studierea influenței zgomotelor asupra audibilității diferitelor cuvinte, precum și pentru organizarea procesului de învățare în telefonie. Trebuie luate în considerație și mărimile variabile care intervin

în procesul recepției: însușirile „dictorului" (calitatea și forța vocii, corectitudinea pronunției, folosirea instalațiilor etc.), mesajul emis (componența fonetică, lungimea cuvintelor sau a propozițiilor), canalul de legătură (fidelitatea transmisiei, intensitatea zgomotelor etc.), subiectul perceptor (nivelul sensibilității auditive generale, capacitatea de a diferenția sunetele vorbirii și de a opune rezistență zgomotelor mascatoare). Nivelul descifrabilității este și o funcție liniară de intensitate. Astfel, pe măsura creșterii intensității peste gradul diferențierii, nivelul descifrabilității crește și el pînă ajunge în acel punct unde toate cuvintele devin bine auzibile. Dacă crește în continuare intensitatea sunetelor emise, nivelul descifrabilității rămîne înalt pînă cînd se atinge pragul sensibilității dureroase, dincolo de care recepția este alterată (Licklider și Miller, 1951, Miller, 1966). Prin urmare, în analiza nivelului descifrabilității trebuie să ținem seama de diferențele existente în intensitatea sunetelor. De pildă, sunetul „o" se percepe bine la intensitatea de zero decibeli, pe cînd sunetul „Z" — se diferențiază optim abia la intensitatea de 25—30 db. În cîmpul liber, aproximativ jumătate din numărul cuvintelor pot fi identificate la intensitatea de 10 db. (Stevens, Miller, Truscolt, 1946). Testarea rezistenței comunicației verbale se poate face prin: declanșarea unor zgomote de intensități diferite concomitent cu emiterea semnalelor, filtrarea amplitudinii (reducerea vîrfurilor), selecția frecvențelor (eliminarea unor frecvențe componente ale sunetelor verbale), denaturări de fază (reținerea în timp a unor frecvențe în raport cu altele).

În general, comunicarea verbală între subiecți cu auz normal care vorbesc în limba maternă are un coeficient de stabilitate foarte înalt. Dintre toate procedeele menționate efectul perturbator cel mai puternic îl are selecția frecvențelor; eliminarea unor frecvențe componente face dificilă sau imposibilă identificarea sunetelor și perceperea adecvată a cuvintelor.

Cea de a doua latură a percepției limbajului presupune păstrarea în mecanismele memorative a imaginii fonetice a cuvîntului ca expresie a unui anumit conținut obiectual. Altfel spus, ea rezidă în stabilirea relației adecvate între cuvînt ca semn și ceea ce desemnează el. Premisa sa psihofiziologică o constituie auzul fonematic, a cărui funcție constă tocmai în a detecta și releva purtătorul sensului în cuvînt — fonemul. În cadrul fiecărui cuvînt există asemenea sunete, denumite *foneme*, care-i „determină" valoarea semantică și care trebuie să ocupe locul dominant în percepție. Fonemele sînt determinate de structura specifică a limbii. Ca atare, auzul fonematic se formează numai în procesul

asimilării unei anumite limbi. Nivelul cel mai înalt de dezvoltare el îl atinge în raport cu sistemul limbii materne.

În general, auzul verbal nu şi-ar putea îndeplini în mod eficient funcţia de recepţie dacă mecanismele sale n-ar include veriga motorie. Aparent, participarea mişcării în recepţionarea limbajului este mai puţin evidentă decît în cazul percepţiei vizuale sau tactile. În realitate, însă, aşa cum au dovedit o serie de cercetări experimentale (Leontiev, 1958, 1960, Rosenblith, 1963, Skinner, 1966), mişcarea aparatului propriomuscular al urechii şi a aparatului fonator (coardele vocale) şi articulator constituie elementul principal care asigură în percepţia limbajului realizarea principiului „reproducerii" şi identificării, fără de care, practic, n-ar fi posibilă nici codificarea, nici decodificarea mesajelor verbale. Rolul cel mai activ se pare că-l joacă aparatul fonator (împreună cu verigile articulatorii). Cu ajutorul unui laringofon suficient de sensibil se poate dovedi uşor acest lucru. Respectiv, fiecare sunet verbal, fiecare cuvînt emis de către „dictor" provoacă mişcări de amplitudine şi frecvenţă corespunzătoare ale coardelor vocale şi verigilor articulatorii. Acestea „modelează" stimulii verbali, făcîndu-i posibil de diferenţiat şi identificat. Dacă ţinem limba prinsă între dinţi (în stare imobilă) şi în acest moment încercăm să scriem un text care ni se dictează, vom comite un mare număr de erori: omisiuni de litere, inversiuni etc. Strînsa împletire dintre verigile propriu-zis auditive şi veriga motorie în mecanismul general de percepţie a limbajului îndreptăţeşte pe deplin folosirea termenului de analizator *verbo-motor*, ca sistem specializat pentru procesul comunicaţiei bilaterale prin limbaj.

Percepţia adecvată a cuvintelor nu este posibilă fără existenţa schemei lor articulatorii. Aci, între veriga aferentă şi cea eferentă există o interdependenţă absolută (îndeosebi în planul dezvoltării ontogenetice). Întreaga schemă de funcţionare a mecanismului de recepţie auditivă a limbajului are un caracter dobîndit, fiind rezultatul „învăţării".

7
Teoriile recepţiei auditive

Pentru prima dată, o teorie închegată asupra mecanismului periferic al recepţiei auditive a fost elaborată de Helmholtz (1877), pe baza principiului rezonanţei (luat din fizică). Esenţa teoriei rezonanţei,

care în psihologie s-a încetățenit cel mai mult, este următoarea. Întrucît membrana bazilară nu are aceeași lățime pe toată întinderea (la baza melcului lățimea ei este cuprinsă între 0,05 și 0,1 milimetri, iar la vîrf este de aproximativ 10 ori mai mare, atingînd 0,5 milimetri), iar pe deasupra mai prezintă și o striație transversală, în forma unor fibre elastice independente („strune"), se presupune că, în timpul vibrațiilor sonore în mediul lichid din urechea internă, se produc covibrații rezonante ale diferitelor strune ale membranei bazilare, pe care se sprijină celulele senzitive din organul lui Corti. Prin analogie cu construcția instrumentelor muzicale (harpă, pian etc.), unde pentru tonurile de frecvență înaltă există corzi scurte și puternic întinse, iar pentru cele de frecvență joasă — corzi lungi și mai puțin întinse, Helmholtz a emis ipoteza, potrivit căreia, sunetele de frecvență înaltă se percep în cea mai mare parte la baza melcului, iar cele joase — la vîrful lui. Sunetul complex, alcătuit din mai multe tonuri simple, în momentul acțiunii sale asupra aparatului auditiv, se descompune, la nivelul melcului, în elementele componente; fiecare din aceste componente (tonuri simple) determină covibrații ale fibrei (corzii) corespunzătoare din membrana bazilară. Excitațiile acestea diferențiate, ajungînd la centrii corticali, sînt integrate (sintetizate) în imagine auditivă specifică. Ipoteza rezonanței a fost confirmată ulterior de o serie de cercetări experimentale și observații clinice (scăderea sau dispariția sensibilității pentru sunetele înalte sau joase poate fi efectul alterării organice sau funcționale a zonelor corespunzătoare ale membranei bazilare). Deosebit de convingătoare sînt experimentele efectuate de L. Andreev și I. P. Pavlov (1925), în care s-a arătat dispariția reflexelor condiționate elaborate la sunete de diferite frecvențe, în cazul ablațiunii zonelor respective de la nivelul melcului. Fenomenul lui Wever și Bray constituie, de asemenea, un test eficient care verifică existența operației de codificare rezonatorie. Cu toate acestea, teoriei rezonanței, în ansamblu, i se aduc o serie întreagă de obiecții. În primul rînd, cercetările histologice întreprinse mai tîrziu au stabilit că „strunele" care formează striația transversală a membranei bazilare nu sînt independente, ele se prezintă întotdeauna legate și acoperite de țesut conjunctiv. De aceea, este greu de admis că „strunele" respective pot vibra separat la acțiunea sunetelor de diferite frecvențe. În al doilea rînd, împotriva teoriei rezonanței se ridică fenomenul mascării sunetelor (acest fenomen n-ar trebui să se producă dacă fiecare strună a membranei bazilare ar vibra diferențiat la frecvența stimulilor acustici). Roaf și Fletcher (1930) au emis o nouă variantă a teoriei rezonanței, menită să înlăture obiecțiile de mai sus. Acești autori consideră că, în momentul acțiunii sunetului asupra aparatului

auditiv, membrana bazilară intră în vibrație nu prin fibre separate (sau segmente înguste), ci în întreaga sa lungime. Amplitudinea oscilațiilor nu este însă uniformă (egală), ci prezintă, într-un anumit punct al lungimii membranei bazilare, un nivel *maxim*. Acesta corespunde frecvenței care acționează în momentul dat. În ,,reflectarea'' frecvențelor această teorie acordă o importanță specială inerției lichidului labirintic (aceasta fiind cu atît mai mare, cu cît frecvența este mai înaltă) și direcției de mișcare a lui (în cazul frecvențelor înalte — de la fereastra ovală către fereastra rotundă; în cazul frecvențelor joase, conectarea coloanei lichidului cu membrana baziliară se produce în apropierea helicotremei). Astfel concepută, teoria lui Roaf și Fletcher explică satisfăcător recepția de către membrana bazilară a unui registru larg de frecvențe (pe întinderea ei putînd fi reprezentate oricît de multe puncte cu amplitudine maximă), precum și fenomenul mascării (exemplu: un sunet puternic determină curbarea spre exterior a membranei bazilare; energia unui sunet slab este insuficientă pentru a modifica această curbură și a determina un nou vîrf înregistrabil; ca atare, sunetul al doilea nu va putea provoca o senzație auditivă distinctă).

Într-un chip oarecum diferit interpretează procesele codificării auditive la periferie Békésy (1929, 1938, 1945) care emite ipoteza așa-numitei unde mobile. El consideră că, datorită structurii dense, gelatinoase a endolimfei de pe traseul cochlear mișcările vibratorii ale acestui lichid au un caracter aperiodic. Sub influența excitării, iau naștere două unde ale lichidului, de ambele părți ale traseului cochlear. Formarea acestor ,,unde'' merge cu viteza unei perioade a vibrațiilor și ele se sting repede. Amplitudinea maximă a impulsului de undă corespunde unui anumit segment al membranei bazilare (în spiritul teoriei rezonanței).

Undele mobile din rampa vestibulară cresc mai întîi în dimensiuni, iar apoi descresc pe măsura apropierii de cupula cochleii, datorită amortizării de către canalul cochlear. O înfășurătoare care închide amplitudinile de vîrf relevă regiunea în care membrana bazilară a fost deviată maximal. Această regiune este diferită pentru fiecare frecvență. Undele scurte se sting mai repede decît cele lungi. Aceste constatări satisfac condiția ca sunetele înalte să fie localizate la baza cochleii, iar cele joase în cupula cochleii.

Cerința principală a perceperii înălțimii sunetelor este considerată recunoașterea regiunii deplasării maxime (ca și în cazul teoriei rezonanței). Spre deosebire de teoria rezonanței, teoria undei mobile susține că este necesară o perioadă definită de timp pentru conducerea undei prin cochlee.

Unele date privind dinamica activității bioelectrice din nerv, nucleul cochlear și cortexul cerebral sub acțiunea sunetelor de frecvențe diferite atestă corectitudinea teoriei lui Békésy. (Se înregistrează o ,,dispariție'' bruscă la frecvențe înalte și o ,,dispariție'' gradată la frecvențe joase, ceea ce reflectă forma deviațiilor peretelui despărțitor cochlear). Nici această teorie nu este însă scutită de dificultăți în explicarea unor fenomene ale recepției auditive, îndeosebi ale diferențierilor fine de înălțime.

Principiile teoriei undei mobile sînt redate grafic în fig. 42.

Dintre teoriile zis ,,centrale'' mai cunoscută este cea *telefonică* — a lui Rutherford (1886). Aceasta postulează că principalul transmițător al vibrațiilor perilimfei este planșeul lui Corti, care funcționează după prototipul membranei telefonice. Vibrațiile acustice din scala vestibuli se transmit prin intermediul membranei lui Reissner la planșeul lui Corti, iar acesta, prin presiunea pe care o exercită asupra celulelor ciliate transformă vibrațiile mecanice în semnale nervoase izomorfe după frecvență, care sînt conduse la creier unde se realizează imaginea auditivă. (Este aproape complet ignorată importanța funcțională a structurii transversale și longitudinale a membranei bazilare). Pornindu-se de la efectul descoperit de Wever și Bray, s-a emis așa-numita teorie microfonică a auzului. Aceasta consideră ca mecanism principal de reproducere a frecvenței sunetelor potențialele electrice ale nervului auditiv. Cercetările experimentale (Unditz, 1938, Davis, 1942) au infirmat însă această ipoteză. În sfîrșit, merită menționată și teoria lui Ewald (1908), bazată pe ipoteza formării unor unde statice pe membrana bazilară, unde corespunzătoare diferitelor frecvențe.

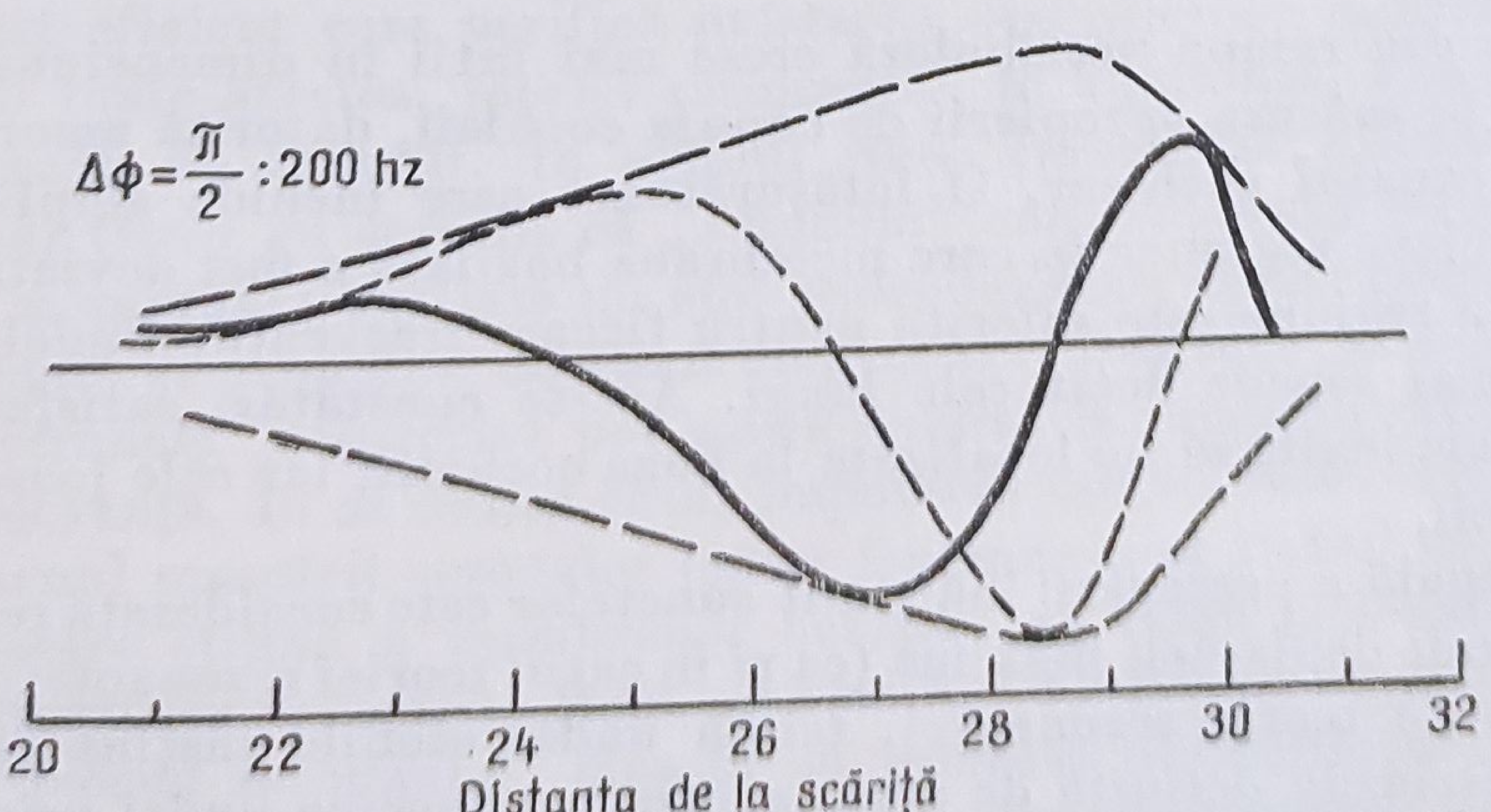


FIG. 42. UNDA MOBILĂ DE-A LUNGUL CANALULUI COCHLEAR

La ora actuală în problema mecanismului recepției auditive se confruntă ipoteze noi: 1) ipoteze care pun accentul pe rolul factorilor biofizici (care preconizează un nivel de excitabilitate diferit al celulelor ciliate din organul lui Corti pentru diferitele frecvențe); 2) ipoteze care susțin rolul precumpănitor al factorilor biofiziologici, îndeosebi al însușirilor de labilitate ale aparatului auditiv (raportul dintre faza activă și cea refractară); 3) ipoteze bazate pe principiile ciberneticii și care interpretează aparatul auditiv ca sistem specific de comunicație prevăzut cu ,,elemente'' de transformare și clasificare bine diferențiate. Aceste ipoteze noi nu exclud însă legitățile stabilite de teoriile analizate mai sus. De aceea, putem spune că deși există mai multe teorii ale auzului (clasice sau contemporane) ele nu se găsesc în raporturi de exclusivitate, ci mai curînd de completare și întregire reciprocă. Metoda analizei cibernetice dovedește că în măsura în care analizatorul auditiv este un sistem de comunicație, funcționarea lui nu poate fi înțeleasă și explicată decît abordîndu-l în unitatea verigilor sale componente, întrucît între ele există legături de interdependență și fiecare îndeplinește anumite operații. Aceasta obligă, în primul rînd, la renunțarea la tendințe unilateralizante: absolutizarea rolului verigii periferice în detrimentul celei centrale, sau invers.

VI

SENSIBILITATEA VIBRATORIE

Vibrațiile acustice nu sînt recepționate exclusiv pe cale auditivă. După cum se știe receptorul acustic este sensibil numai la o parte din undele acustice. Infrasunetele și probabil și ultrasunetele se vor recepționa pe altă cale. Dar și undele acustice susceptibile de audiție pot fi recepționate altfel. Recepția neauditivă a vibrațiilor poate fi testată cu ușurință: un vibrator care atinge vîrful degetelor sau care este suprapus pe piele cît mai aproape de os produce o senzație specifică, aceea a vibrației. În aceeași clasă de senzații se încadrează și trepidațiile percepute aerian sau prin intermediul tălpilor la trecerea unui vehicul pe lîngă noi. De asemenea, perceperea trepidațiilor vehiculului cu care călătorim (în special avionul). Practic, se produce o vibrație sincronă a însuși corpului nostru.

Este adevărat că sensibilitatea vibratorie (palestezia), în condițiile recepției prin contact sau maxima apropiere a stimulului de piele, este cu atît mai fină și mai intensă cu cît respectiva regiune a pielii este mai sensibilă din punct de vedere tactil. Aceasta a făcut pe o serie de autori, începînd cu Ch. Darwin, să considere palestezia ca un derivat al sensibilității tactile, fiind interpretat ca un fel de contact alternativ sau o presiune ritmată. Fulton o consideră „o percepție a unui tip temporal de presiune, oarecum asemănător cu fenomenul de licărire al văzului". Neîndoielnic, tactul și kinestezia superficială participă la recepția vibratorie și aceasta mai ales în condițiile descrise mai sus, ale contactului sau excitării de maximă apropiere. Nu există însă temei pentru reducerea în genere a sensibilității vibratorii la variante tactilo-kinestezice. Cel mult se poate defalca un subsistem tactilo-kinestezic al recepției vibrațiilor.

Încă Goldscheider (1904) și apoi Weddel (1938) au dovedit că sensibilitatea vibratorie se intensifică în condițiile anesteziei cutanate și chiar musculare.

Gh. Marinescu a emis ipoteza recepției osoase a vibrațiilor. Această presupunere este întărită de faptul că oasele dispun de cea mai mare

posibilitate vibratorie, pot acționa ca niște rezonatori, iar experimentul demonstrează un maximum de sensibilitate atunci cînd vibratorii sînt aplicați direct pe os. Nu sînt clare însă mecanismele transmisiei neuronale a impulsurilor. Probabil că este vorba de participarea terminațiilor osoase din ligamentele articulației sau de propagarea vibrațiilor la țesutul muscular, care este bogat inervat.

Cea mai probabilă ipoteză cu privire la senzația vibratorie este aceea care consideră că toate țesuturile organismului sînt apte pentru recepția impulsurilor vibratile. În sprijinul acestei ipoteze se poate invoca și o practică medicală mai veche, aceea a masajului vibrator al organelor interne. Granville (1882), Withaver (1907), Breitmen (1908) au stabilit că prin bombardarea vibratorie se poate obține o intensificare sau o slăbire a motricității stomacului sau intestinului. Riumin (1950) a stabilit care este optimul de tratament vibratoriu al aparatului digestiv și anume, pragul temporar între 0,02 și 2 secunde și amplitudinea de 0.3 mm.

Moghendovici (1951) a constatat că trimiterea vibrațiilor către stomac și terminația intestinului terminal produce o inhibare a mișcărilor cordului (efectul Goltz).

Miheeva (1955) a constatat că vibrația produce nu numai modificări ale motricității. Aceste modificări sînt dependente de tipul de a.n.s. La echilibrați se produce o mărire a timpului de latentă și o mărire a reflexului motor, ulterior realizîndu-se o bună adaptare. La neechilibrați apare o perturbație motorie pentru o mai lungă perioadă, în final apărînd inhibarea reacțiilor motorii. Faptul că stimulentul fizic al vibrației acționează pregnant asupra stării musculare și asupra funcțiunilor organelor interne demonstrează, în ordinea de idei care ne interesează, posibilitatea organelor interne și a mușchilor de a recepționa vibrațiile. Prin urmare, receptorii vibrațiilor sînt multipli și probabil aici ne întîlnim cu situația cunoscută și la sensibilitatea algică, adică oricare din celelalte modalități senzoriale poate participa și la semnalizarea vibrației.

Nu se cunosc căile aferente ale recepției vibratorii; se presupune că impulsurile sînt conduse prin coloanele posterioare ale măduvei spinării, întrucît o leziune a acestora afectează aprecierea vibrațiilor. Probabil, în scoarța cerebrală nu există un centru al sensibilității vibratorii, integrarea realizîndu-se în diferite zone de proiecție, în dependență de țesuturile care transmit vibrațiile. Este semnificativ însă faptul că în cazul tumorilor cerebrale are loc o perturbație a sensibilității vibratorii (Ananiev, 1963).

În condiții normale, sensibilitatea vibratorie este inhibată de auz și de văz. De altfel, simțul vibrațiilor este paralel auzului și, fiind inferior acestuia, este normal ca în cele mai frecvente cazuri să fie blocat. În zonele infrasunetelor (prag absolut: 6—10 oscilații/secundă) și în zonele ultrasunetelor (afirmațiile lui K. Platonov), în mod necesar se pune în evidență sensibilitatea vibratorie. Aceasta apare în prim plan și în condiții de întuneric. Unele profesiuni din transporturi sau industrie solicită integral sensibilitatea vibratorie și o reactivează, dar cele mai importante performanțe de sensibilitate vibratorie le realizează deficienții senzoriali, orbii și surdomuții. Aici se dezvoltă compensatoriu și ajunge să opereze diferențieri destul de fine.

În cercetările făcute asupra lui Hellen Keller, ca și relatările cuprinse în lucrările lui Olga Skorohodova (1954), se demonstrează că orbii surdomuți au posibilitatea de a recunoaște persoanele după vibrația pașilor, de a diferenția vehiculele după trepidațiile pe care le produc, de a recunoaște chiar caracterul unei acțiuni mecanice (lovire, sfredelire, drenare etc.). Orbii surdomuți antrenați special reușesc să perceapă vocea pe cale vibratorie, punînd mîna pe gîtul persoanei care vorbește. Ei reușesc chiar să perceapă muzica pe cale exclusiv vibratorie, folosindu-se în acest scop de spate, care deși dispune de o acuitate tactilă mai redusă, prezintă în schimb mai multe proeminențe osoase.

Un interes deosebit prezintă simțul obstacolului, care apare la orbii congenitali sau surveniți (la un interval mai mare după orbire). Aceștia simt barierele, peretele, groapa de la orice distanță și fără a tatona sau lovi cu bastonul. Ei simt de exemplu cînd trec pe lîngă o fereastră deschisă sau pe lîngă un pom. Sverdlov (1949) a demonstrat că acest simț nu este de natură termică sau tactilă. Este drept, s-a emis ipoteza unui sui-generis radar al organismului uman. Nu există însă nimic faptic care să stea în sprijinul acestei ipoteze. Se opinează pentru înțelegerea bazată pe sensibilitatea vibratorie, corpurile avînd proprietăți de a respinge sau absorbi undele acustice; acestea pot fi diferențiate în baza unei analize de vibrație. Este ceea ce permite orbului să stabilească dacă are în față un perete de zid, unul de lemn sau unul metalic.

Zona optimă a sensibilității vibratorii se situează la omul normal în registrul de 100—300 oscilații pe secundă. Psihologii și-au pus problema recuperării, exersării și utilizării sensibilității vibratorii la omul normal. Se consideră că în raport cu animalele în sensibilitatea vibratorie s-a produs o involuție, iar în epoca noastră cînd se dezvoltă excepțional transporturile și agregatele industriale, cînd apare necesitatea recepției informației pe cele mai diverse canale, va fi necesar ca palestezia să fie reactivată și pusă în valoare.

Psihologul american Holt a încercat încă din anii 1920 să transmită vîrfurilor degetelor subiectului prin intermediul unor electrovibratori vocea omenească. Se înțelege că audiția era exclusă. După exersări nu prea îndelungate, subiecții au ajuns să distingă, în limite mari, propozițiile și caracterul lor. Nu au putut fi însă recunoscute cuvintele.

Geldard (1951 și 1954) a întreprins un experiment interesant cu ajutorul vibratorilor. El a fixat șase vibratori în jurul pieptului, trei pe piept și trei pe spinare și pe urmă i-a declanșat succesiv, la intervale cît mai scurte, provocînd astfel o senzație de învîrtire amețitoare. Subiectul simțea că se învîrtește în mod real.

La Universitatea din Virginia, Howell a experimentat un cod vibratoriu care transmite informațiile foarte rapid. Pe pieptul subiectului sînt fixate trei vibratoare, în centru și la dreapta semnalele se dau concomitent sau succesiv, variind din punct de vedere al intensității și duratei. Însușirea codului necesită circa 30 de ore, iar antrenamentul pentru utilizarea lui operativă încă 30—40 de ore. Se ating performanțe de percepere a semnelor de trei ori superioare ca viteza față de perceperea codului telegrafic Morse.

L. și M. Milner (1963) preconizează diverse astfel de aparate miniaturale fixate pe piele și chiar în lenjerie, care ar putea să recepționeze prin radio tot felul de mesaje și să fie utilizat în cele mai variate situații.

VII

PROPRIOCEPȚIA

Pînă în secolul al XIX-lea, sistemul muscular era considerat un sistem exclusiv de efectori, lipsit de elemente receptoare, senzoriale. Primul care a relevat în mod categoric existența sensibilității musculare a fost Charles Bell (1826). El arată că între creier și mușchi există un circuit nervos; un nerv transmite influența sa de la creier la mușchi, celălalt dă creierului simțul stării mușchiului. Bell considera sistemul muscular drept al șaselea simț. Relativ tardiva descoperire a simțului muscular a făcut ca el să nu fie semnalat în lexicul curent, așa cum este cazul celor cinci simțuri.

În 1885 Bastian introduce termenul de kinestezie, relevînd însemnătatea senzațiilor musculare pentru efectuarea mișcărilor și dezvoltarea limbajului.

În 1894, Sherrington a descoperit în constituția nervilor musculari o proporție de 40% fibre senzitive. Lui i se datorește introducerea termenului de propriocepție.

Head considera sistemul propriocepției ca simț al posturii, întrucît informează despre poziția corpului în raport cu ambianța și fazele mișcării mușchiulare. Asupra importanței deosebite a kinesteziei a insistat Secenov. El arăta că, pe baza informațiilor provenite de la mușchi, se realizează nu numai coordonarea mișcărilor, dar și percepția complexă a spațiului și timpului. Senzațiilor care însoțesc schimbările poziționale le atribuia o origine mixtă: pe de o parte, încordările și relaxările pielii și straturilor subadiacente, pe de alta contracțiile și relaxările pasive ale mușchilor participanți la mișcare. Dacă Weber (1848), considera kinestezia „simț al forței", Secenov (1878), îl considera „analizator detaliat al spațiului și timpului".

Către sfîrșitul secolului al XIX-lea o serie de autori printre care Goldscheider și Behterev au demonstrat că, în multe cazuri perturbațiile excitației, discoordonările, parezele, ataxiile nu rezultă din întreruperea sau blocarea căilor eferente, ci din perturbarea căilor aferente. Din acea perioadă datează și ergoterapia, care ulterior a luat

o mare dezvoltare. S-a demonstrat apoi că dispariția impulsurilor aferente de la mușchi și articulații face imposibilă închegarea actului reflex (Pavlov, Baldwin, Sherrington), mișcarea neputîndu-se dezvolta fazic. În ultimele decenii, Rosenblueth, Anohin și Bernstein au relevat principalele elemente ale coordonării motorii, rezervînd conexiunii inverse (de la efectorul muscular) și modelului mental al mișcării un rol esențial.

W. Jenkins (1954), scrie: ,,Sensibilitatea kinestezică este probabil cea mai importantă dintre formele de sensibilitate de care dispune omul. Fără sensibilitatea kinestezică este imposibilă menținerea poziției verticale, deplasarea independentă, vorbirea și participarea în alte genuri complexe de activitate''.

1
Organizarea analizatorului proprioceptiv și kinestezic

La ora actuală este unanimă părerea că așa-zisul simț muscular reprezintă un sistem aferent complex, în care trebuie delimitate două subsisteme specifice: proprioceptiv somatoestezic și proprioceptiv kinestezic sau simplu — kinestezic —. La periferie aceste două subsisteme nu au, se pare, receptori diferiți din punct de vedere structural. De aceea, în calitate de organe receptoare ale întregului sistem (proprioceptiv-kinestezic) se iau celulele senzoriale situate în mușchi (*fusuri*), tendoane (*corpusculii Golgi*) și articulații (terminații nervoase libere) (fig. 43). (Unii autori — Konorski, Pribram — presupun că fusurile și corpusculii lui Golgi ar reprezenta aparatul receptor al subsistemului kinestezic). Concentrația cea mai mare a receptorilor menționați se întîlnește la nivelul acelor segmente ale corpului, care joacă rolul cel mai important în comportamentul motor (membre, aparat fonator și articular, cap). Primul neuron este reprezentat de celula bipolară din ganglionul spinal. Căile aferente parcurg cordoanele posterioare ale măduvei spinării, prima făcînd sinapsă în bulb (nucleii gracilis și cuneatus),

iar cea de a doua în talamus. Din bulb, unele căi merg în cerebel, care constituie stație finală pentru unele categorii de impulsuri și punct de plecare către scoarța cerebrală pentru altele (Konorski, 1967).

Impulsurile aferente se succed la intervale mici, de 0,03 secunde. O dată cu creșterea încordării mușchiulare sau presiunii aplicate pe mușchi, frecvența impulsurilor se mărește. Amintim că viteza de conducere prin fibrele kinestezice este mult inferioară celei de pe căile tactile. H. Jackson (1870) a presupus existența unei proiecții motorii. Fritch și Hitzig (1870), au descoperit excitabilitatea electrică a scoarței motorii. De atunci, o serie de cercetători au întreprins investigații sistematice pentru a contura exact topografia proiecției diverșilor mușchi pe suprafața girusului postcentral (parietal ascendent) și în unele puncte adiacente. S-a construit bine cunoscutul homunculus, datorat într-o primă variantă lui Penfield (fig. 44). Trebuie spus că homunculusul relevă disproporția între suprafețele cutanate, țesuturi musculare și proiecția lor corticală, degetele și buzele ocupînd zone cerebrale extinse, în timp ce antebrațul, trunchiul, gamba sînt slab reprezentate. Este necesar să adăugăm însă că în felul în care sînt dispuse proiecțiile în homunculusul motor nu este respectată dispoziția anatomică a corpului, ci principiul importanței funcționale (gnostice și operaționale) ale diferitelor segmente care-l compun.

Asupra funcțiunii zonei motorii nu au încetat să existe discuții. Inițial s-a considerat că aceasta este o zonă exclusiv efectorie, de comandă. Este punctul de vedere reflectat în citoarhitectonica lui Brodmann. Atunci cînd la o incitație locală a unui anumit punct cortical subiectul efectuează o mișcare, trebuie să se țină seama însă că el și simte o incitație în mușchiul respectiv. Se provoacă deci concomitent atît mișcarea cît și senzația kinestezică. Urmînd ideile lui Pavlov, în 1911, Krasnogorski a publicat rezultatele unor experiențe care dovedesc fie și indirect, că zona motorie dacă nu integral cel puțin parțial, îndeplinește o funcție receptorie. Krasnogorski a reușit să formeze reflexe salivare folosind ca excitant condițional îndoirea labei animalului

FIG. 43. APARATELE SENZORIALE ALE ANALIZATORULUI MOTOR

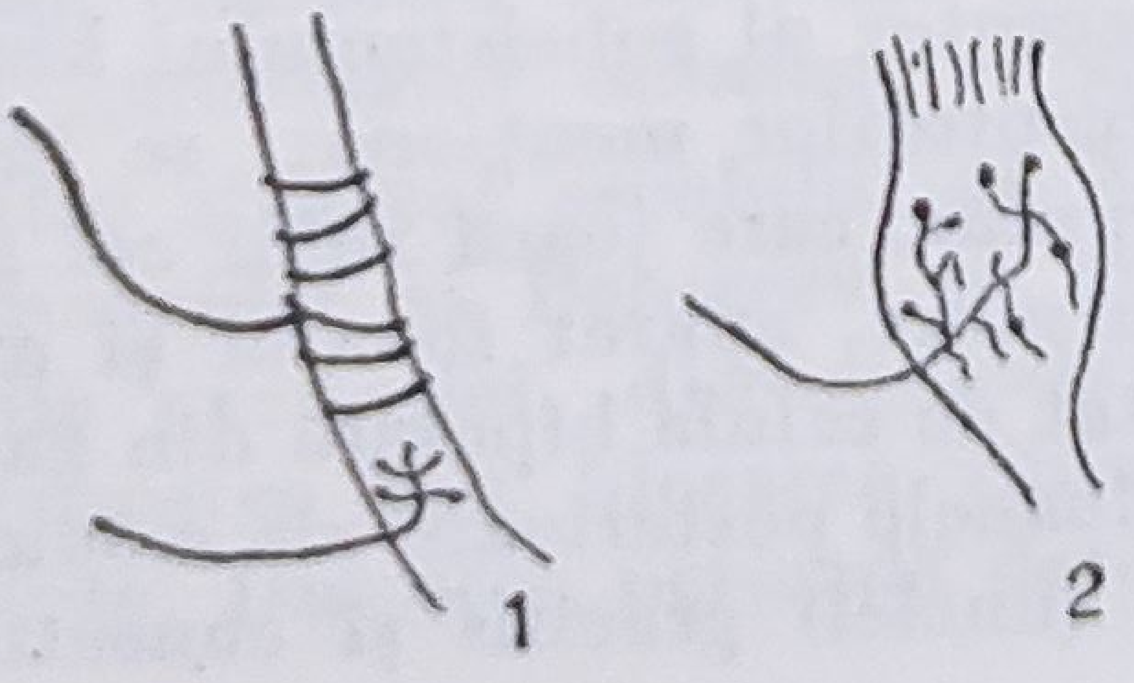
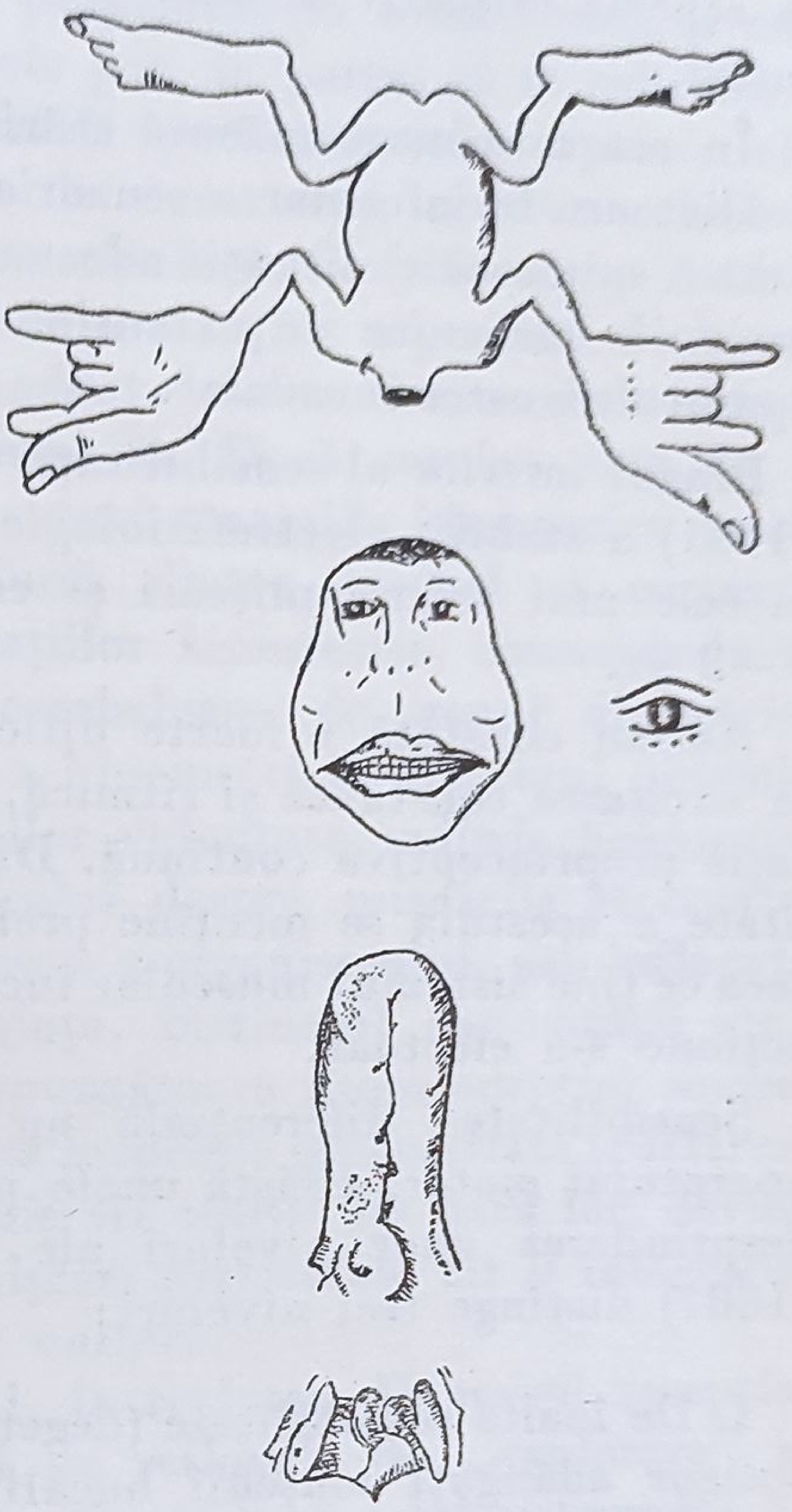


FIG. 44. „OMUL CEREBRAL“ AL LUI PENFIELD



de experiență, deci o stimulație proprioceptivă. Ulterior, în nenumărate alte experiențe s-a demonstrat posibilitatea folosirii stimulului proprioceptiv pentru condiționări din cele mai complicate nu numai la animale dar și la om. Este greu însă se se considere că zona motorie ar fi exclusiv receptorie, impulsurile efectorii fiind declanșate numai prin celulele lui Betz. Mai aproape de adevăr sînt afirmațiile care susțin că fiecare punct din scoarță este atît receptor cît și motor. (Fulton, 1952). O astfel de reprezentare este în deplin acord cu datele fiziologice furnizate de studiul reacțiilor circuitelor motorii. În același timp, trebuie să se țină seama de faptul că în afara zonei din fața scizurii centrale (= precentrală) teritoriile corticale ale analizatorului proprioceptiv-kinestezic dispun și de o serie întreagă de puncte difuze. Prin aceasta se explică posibilitățile de substituție a funcțiunilor sale pe care le-a relevat activitatea de restabilire a mișcării în condițiile traumatizării zonei motorii (Luria — 1948, Leontiev și Zaporojeț — 1946).

2

Caracteristicile sensibilității proprioceptive și kinestezice

În aprecierea sensibilității kinestezice trebuie avută în vedere observația făcută încă de la începutul veacului de către Sherrington care arată că aceasta se referă mai degrabă la mișcări ca atare, noi am spune

la schema mişcării şi fazele ei, decît la ţesutul muscular şi articulator însuşi.

În cea mai mare măsură stările muşchiului şi ale articulaţiilor sînt mediatoare în informarea senzorială despre poziţie şi mişcare. De aceea, putem spune că excitanţii adecvaţi ai acestei modalităţi senzoriale sînt acţiunile mecanice de extensie, de presiune, de încordare etc. asupra aparatului osteo-muscular.

Pragul inferior al sensibilităţii kinestezice este foarte scăzut. Mattews (1931) a stabilit electrofiziologic apariţia activismului în zona motorie la cele mai reduse mişcări şi contracţii la presiunea unui obiect de 1—2 gr.

Adrian constată o foarte dificilă şi înceată adaptare a kinesteziei la excitarea constantă şi ritmică. Chiar după încetarea stimulării, excitaţia proprioceptivă continuă. Dincolo de aspectul exterior de imobilitate a acestuia se menţine prelung o activitate proprioceptivă. Este ceea ce ţine sistemul muscular încordat mult timp şi după ce o anumită acţiune s-a efectuat.

Sensibilitatea diferenţială nu este unitară în toate componentele aparatului motor. Există unele premise constituţionale în ce priveşte desprinderea unor niveluri ale kinesteziei diferenţiale. Goldscheider (1887) distinge trei niveluri:

I. De înaltă sensibilitate (degete, antebraţ, palmă, la care ar trebui desigur adăugaţi muşchii bucali, linguali şi aparatul fonator).

II. De sensibilitate medie (cotul, genunchiul, bazinul şi fesierii).

III. De sensibilitate redusă (pulpa piciorului şi altele).

Se înţelege însă de la sine că sensibilitatea diferenţială se dezvoltă ontogenetic prin condiţionare, în procesul antrenamentului de orice fel, îndeosebi al aceluia pe care îl presupune profesiunea. Este semnificativ faptul că de la 8 la 18 ani, sensibilitatea kinestezică diferenţială creşte de aproximativ două ori.

După cum am arătat, kinestezia optimizează diferenţierile realizate prin alte modalităţi. Trebuie spus însă că şi celelalte modalităţi, anume indicatorii vizuali, auditivi, tactili, pot contribui la perfecţionarea kinesteziei. Relaţia este reciprocă şi dacă vom considera şi efectele reglajului verbal (Pratusievici — 1955), atunci ne vom explica de ce prin diferenţieri complexe mişcarea musculară, trădînd o kinestezie izomorfă, sprijină şi amplifică performanţele gîndirii şi ale afectivităţii.

Operînd o anumită distincție între propriocepția somestezică și cea kinestezică, trebuie să menționăm că ele pot, în parte, să se substituie reciproc și să-și asume sarcina realizării performanțelor optime ale mișcărilor instrumentale. În funcție de caracterul acestor mișcări, rolul principal îl deține fie somestezia articulară, fie kinestezia. Astfel, dacă în fața organismului stă sarcina de a menține o postură de lungă durată și precisă a membrelor, independent de efortul muscular, atunci propriocepția articulară este indispensabilă. Dacă sarcina este de a realiza o măsurare precisă a efortului, atunci senzațiile kinestezice joacă rolul dominant. Întreruperea conexiunii dintre cerebel și cortexul central duce la dispariția totală a senzațiilor kinestezice, conservîndu-se doar cele somestezice. Simptomele cerebeloase de genul dismetriei (fie în forma hipermetriei, fie în cea a hipometriei), tremorul dinamic ce se manifestă la terminarea mișcărilor voluntare, adiadochokinezia, etc., apar în cazul abolirii feedbackului despre mișcările efectuate. În procesul activității motorii de răspuns a organismului, sub influența incitațiilor externe sau interne (trebuințe, instinctul curiozității etc.) se elaborează unitățile gnostice corespunzătoare propriocepției somestezice și kinestezice, în care se păstrează modelele generalizate (patterns) despre posturi și diferitele tipuri de mișcări active. Pe baza lor, devine posibilă atît coordonarea diferitelor mișcări particulare cît și integrarea acestora într-un comportament motor unitar.

Ca și în cazul celorlalte modalități, în reglarea dinamicii recepției osteo-musculare, un rol important îl au reflexele de „explorare" și „țintire". În ultimele două decenii s-a dovedit că rolul sistemului *Y*, adică al căilor aferente care inervează mușchii intrafusulari este acela de a sensibiliza receptorii tendoanelor și de a spori în felul acesta precizia informației pe care ei o trimit spre cerebel. Se poate spune că reflexul de explorare, care apare în urma activării *Y*-motoneuronilor prin intermediul căilor reticulo-spinale, pregătește organismul pentru o activitate musculară; reflexul de țintire, care apare ca efect al activării locale a motoneuronilor ce „alimentează" mușchii contractați în actul motor, pregătește organismul pentru un act particular (adresat).

Metodele de testare ale sensibilității proprioceptive și kinestezice sînt diferite. În primul caz, apelăm la metoda recunoașterii. Subiectul cu ochii închiși trebuie să recunoască și să relateze adecvat despre poziția segmentelor corpului său, imprimată de către experimentator.

În cazul al doilea, metoda potrivită este aceea a *praxiei*. Ea constă în stabilirea posibilității de efectuare a mișcărilor de diferite tipuri (praxia manuală, praxia corporală, praxia verbo-orală, praxia loco-

motorie) pe baza comenzilor sau instructajelor date de către experimentator.

Sensibilitatea musculară este responsabilă nu numai pentru starea diferitelor segmente ale aparatului muscular, dar și pentru poziție și pentru relațiile active cu ambianța, avînd în vedere caracterul obiectual al mișcărilor. Asupra acestui ultim aspect a atras atenția Behterev (1909), care considera că reacțiile motorii sînt mai semnificative decît cele vizuale sau auditive. Încă în 1883 el arătase că impulsurile de la periferie (piele și mușchi) îndeplinesc un rol esențial în echilibrarea organismului cu ambianța prin mișcări.

3
Specificitatea gnostică a subsistemelor proprioceptiv somatoestezic și proprioceptiv kinestezic

În primul capitol ne-am referit deja la faptul că se impune o tratare diferențiată, mai ales din punctul de vedere al conținutului informațional și valorii gnostice, al impulsurilor proprioceptive și kinestezice. În cele ce urmează vom căuta să scoatem în evidență specificul funcțional, iar unde va fi cazul și structural, al acestor două „canale aferente".

Senzațiile proprioceptive somatoestezice, semnificația lor. Vom încadra aci acele senzații care iau naștere în urma excitării cu precădere a terminațiilor nervoase libere de la nivelul articulațiilor și care informează scoarța cerebrală despre postura membrelor și corpului în ansamblu sau despre modificările ei. Magnus (1924) a stabilit că „proprioceptorii" îndeplinesc un rol important nu numai în dinamică, dar și în statică, pentru menținerea unei anumite poziții în spațiu a corpului. Cercetările experimentale au demonstrat că dacă unei pisici decerebrate i se întoarce capul într-o anumită parte, gradul de încordare a mușchilor membrelor se modifică.

Uhtomski a caracterizat poza de lucru a omului ca fiind „o liniștire operativă", susținută staționar de o constelație de centri nervoși cu funcție proprioceptivă. Cu alte cuvinte, poziția staționară ca și staționarea parțială este rezultatul unei anumite organizări propriocep-

tive, presupune un activism în cadrul sistemului osteo-muscular greu de sesizat din afară. Se ştia de multă vreme că staţionarea este mai dificilă şi mai greu de suportat decît mişcarea. Omul nu poate să ţină mîna întinsă mai mult de opt minute, dar poate lucra neîntrerupt cu ea ore în şir. Poate de asemenea să meargă, să se agite ore în şir, dar nu poate rămîne imobilizat ortostatic mai mult de 30 de minute. Aceasta se datoreşte faptului că poziţia staţionară reclamă o extraordinară încordare a mecanismelor analizatorului proprioceptiv.

Beritaşvili (1947), a demonstrat prin metode electrofiziologice că în condiţii de mişcare activă excitaţia musculară scade şi pragul proprioceptiv se reduce; pe cînd în condiţii de mişcare pasivă (nu relaxare), creşte excitaţia subsistemelor musculare şi corespunzător creşte sarcina (solicitarea) propriocepţiei.

Sensibilitatea posturală este fundamentală în definirea conştiinţei de sine, în formarea sentimentului de prezenţă personală. Deşi simţul postural nu este activ decît în anumite situaţii, el este totuşi permanent într-o formă latentă, furnizează informaţii despre propriul nostru corp. Weir Mitcheli (1874), este primul care a studiat sistematic posturalitatea în legătură cu persistenţa la amputaţi a senzaţiei prezenţei membrului. Astfel, s-a definit conceptul de membru fantomă. Wolf (1938) a arătat că simţul despre prezenţa membrului şi după amputarea acestuia nu poate fi explicat cu ajutorul teoriilor periferice ale sensibilităţii şi este de natură centrală. Cel mai general model kinestezic fixat cortical este acela al schemei corporale.

Lhermitte (1937), Behterev (1887), Rossolimo (1896), Goldstein (1918), Pick (1908 şi 1922) au studiat fenomenele de perturbare a schemei corporale. Aceasta poate apărea în mai multe variante, implicînd simţămîntul absenţei unei părţi din corp, sau al adăugirii de alte părţi. Bolnavul simte că are mai multe capete, mai multe mîini şi picioare; în schema corpului diformată pot să apară inversiuni, restructurări deconcertante, diformări, amplificări etc. Schilder (1924) consideră că decisivi în perturbarea schemei corporale sînt factorii optici şi tactul. Înainte de Schilder, însă, Head şi Holmes (1911) au elaborat teoria modelului postural pentru a explica fenomenul de schemă corporală la sănătoşi şi la bolnavi. Aceşti autori presupun că schema corporală rezultă din capacitatea scoarţei cerebrale de a stabili raportul dintre senzaţii, de a le uni una cu alta independent de faptul dacă apar concomitent sau succesiv. Fiecare nouă senzaţie kinestezică privind modificarea centrului segmentului receptiv, nu poate pătrunde în conştiinţă

înainte de a fi corelată cu senzațiile despre modificările acelorași segmente produse mai înainte. Acest punct de vedere a fost în bună măsură confirmat.

Golant (1937 și 1941) și Meerovici (1948) rezervă propriocepției somatoestezice generale un loc central în complexul senzorial care asigură simțămîntul schemei corporale și în genere a „Eului". În acest complex senzorial intră componentele tactile, vestibulare etc. În definirea schemei corporale evident participă și instanțele superioare de integrare conștientă, complexul senzorial trebuind să fie conceput după opinia noastră în termeni structuraliști.

Sistemul proprioceptiv ne furnizează o categorie deosebit de importantă de informații în legătură cu postura gurii și aparatului fonator implicată în vorbire. Postura orală atinge un înalt grad de complexitate și finețe, asigurînd formarea unei percepții unitare caracteristice pentru fiecare fonem. Aceste percepții pe care ni le formăm în procesul însușirii limbii materne posedă o mare stabilitate. Pronunția (articularea) cuvintelor nu este determinată numai de mișcările propriu-zise ale buzelor, limbii și vălului palatin, ci și de postura acestor organe.

„Cîmpul" din care sînt formate „unitățile gnostice" corespunzătoare este localizat în operculul parietal al emisferului dominant, în spatele ariei somestezice de proiecție a regiunii bucale (Konorski, 1967). Leziuni în această regiune produc simptome distincte și ușor de recunoscut. Ele rezidă în imposibilitatea bolnavului de a lua o postură orală corectă necesară pentru a pronunța sunetul cerut. În consecință, cuvintele pe care le pronunță un asemenea pacient sînt distorsionate și de regulă nedescifrabile. Bolnavul este perfect conștient de această tulburare deoarece feedbackul său senzitiv funcționează normal, furnizîndu-i o informație clară despre vorbirea distorsionată. Încercările de a se corecta rămîn fără succes (A. R. Luria, 1947—1962). Luria a stabilit că leziuni în zona parietală afectează nu numai posturile orale implicate în vorbire, ci orice postură orală (variatele poziții ale buzelor, limbii, feței).

Senzațiile proprioceptiv-kinestezice (kinestezice); importanța lor funcțională. Spre deosebire de sistemul aferent proprioceptiv, sistemul kinestezic expediază informații spre centrii nervoși superiori nu despre evenimentele care se produc în afara corpului, ci despre cele realizate sau, mai bine zis, comandate de către sistemul nervos însuși, adică despre mișcările active. Iată de ce kinestezia este calificată adesea ca feedback senzorial: ea informează sistemul nervos despre rezultatele

propriei sale activităţi. Se consideră că informaţiile despre mişcările active se transmit prin intermediul sistemului articular-proprioceptiv, receptorii musculari servind doar pentru coordonarea reflexă a actelor motorii prin mecanismele spino-cerebeloase. Această opinie se întemeiază pe faptul că receptorii articulaţiilor trimit la cortexul cerebral mesaje privind modificările survenite în postura membrelor, precum şi pe faptul că mişcările pasive ale articulaţiilor în direcţii opuse dau naştere la efecte opuse în neuronii aflaţi în raporturi reciproce.

Într-adevăr, subiectul va acorda mai multă atenţie schimbărilor posturii membrelor (fie că ele provin de la mişcări pasive sau active) decît stărilor de repaos şi va percepe modificările de postură în mod diferit. Dar de aci nu se poate conchide că aceste mesaje constituie sursa de informaţie despre mişcările active. Ni se pare plauzibilă ipoteza lui Konorski, potrivit căreia sistemul aferent kinestezic care-şi are originea în receptorii musculari şi ai tendoanelor informează cortexul cerebral despre mişcările realizate de către organism. Se poate vorbi deci de individualitatea gnoziei kinestezice.

Organizarea sistemului kinestezic diferă de a celorlalte sisteme nu numai prin aceea că feedbackul său are legătură nemijlocită cu activitatea motorie a organismului, dar şi prin căile pe care transmite mesajele de la organele receptoare periferice. Aci, receptorii ,,produc'' informaţii numai despre *tensiunile* muşchilor, cortexul fiind direct interesat de mişcările lor. În consecinţă trebuia să se dezvolte un mecanism specific — acela care să analizeze şi să ,,adopte'' decizii privind mişcările de diferite genuri care se efectuează datorită tensiunilor provenite de la receptorii musculari particulari.

Se cunoaşte că receptorii musculari se împart în două categorii (tipuri): unii dispuşi în paralel cu elementele contractile (fusuri), iar alţii dispuşi în serie cu acestea (organe tendonoase). Ca urmare, variatele stări funcţionale ale unui muşchi sînt însoţite de stări funcţionale corespunzătoare fiecăruia din cele două tipuri de receptori. Întinderea pasivă a muşchiului produce accelerarea descărcării în ambele tipuri de receptori, proporţional cu intensitatea tensiunii; contracţia izometrică pură a muşchiului produce accelerarea descărcării organelor tendonale şi încetinirea descărcării fusurilor; contracţia ce se opune unei rezistenţe constante (de exemplu, ridicarea unei greutăţi) produce, de asemenea, o încetinire a descărcării fusurilor, activitatea organelor tendonale rămînînd neschimbată. În acest fel, fiecare tip de contracţie musculară (izo-

metrică, izotonică) sub influenţa diferitelor rezistenţe (eforturi etc.) este urmată de o combinare particulară a stărilor funcţionale ale fusurilor şi organelor tendonoase. Generalizînd, putem spune că există aci o corespondenţă strictă între comportarea receptorilor musculari, pe de o parte, şi intensitatea şi caracterul contracţiilor musculare, pe de alta.

Avînd în vedere acest caracter specific al analizatorului kinestezic, putem presupune că el se compune din 2 segmente: unul care traduce limbajul receptorilor musculari şi al tendoanelor (de întindere) în limbajul contracţiilor musculare; altul care integrează propriocepţia contracţiilor elementare în propriocepţia mişcărilor complexe. Mesajele de la „receptorii de extensie", mergînd via fascicolului spino-cerebelos, ajung la cortexul cerebelos; în acelaşi timp, alte mesaje, trecînd via nucleii cerebeloşi şi talamus, ajung la cortexul „motor". Se presupune că acest mecanism de transmisie se află situat în cortexul cerebelos. Cu alte cuvinte, mesajele de la periferie intră în cerebel informînd despre tensiunile musculare, dar părăsesc acest organ în calitate de impulsuri ale contracţiei musculare (Pribram 1960, Konorski, 1967). Prin urmare, cortexul cerebelos poate fi considerat ca o adevărată suprafaţă de recepţie a mişcărilor elementare, unde „receptorii" sînt reprezentaţi cu precădere de celulele lui Golgi. Aceste celule sînt deci staţii finale pentru impulsurile care vin de la periferie şi staţii-start pentru impulsurile care se îndreaptă spre cortexul cerebral, trecînd şi făcînd popas în cei doi nuclei adiacenţi ventrobazali ai talamusului: nucleus ventralis postero-lateralis şi nucleus ventralis lateralis. Aceşti nuclei transmit informaţia relevantă la ariile adiacente ale cortexului proiectiv: aria somestezică în circumvoluţiunea postcentrală şi aria kinestetică în circumvoluţiunea precentrală. Aceasta din urmă este o imagine de tipul celei din oglindă a părţilor componente ale corpului. În porţiunea „frontală" a ariei kinestezice de proiecţie se află aria kinestezică gnostică (supranumită premotorie sau aria 6), legată de percepţiile mişcărilor complexe, ale căror elemente sînt reprezentate în aria proiectivă „motorie". Schema organizării acestui sistem este redată în *fig.* 45.

Analizatorul kinestezic ocupă un loc aparte în rîndul celorlalţi analizatori, pentru două motive: primul este acela că el dezvoltă procesele corticale cele mai intense şi prin aceasta tonifică scoarţa, favorizînd activitatea de recepţie vizuală, auditivă, olfactivă etc.; cel de-al doilea motiv are o însemnătate principială şi constă în faptul că motricitatea în genere şi analizatorul kinestezic în particular este implicat în activitatea tuturor celorlalţi analizatori. Faptul a fost relevat încă de

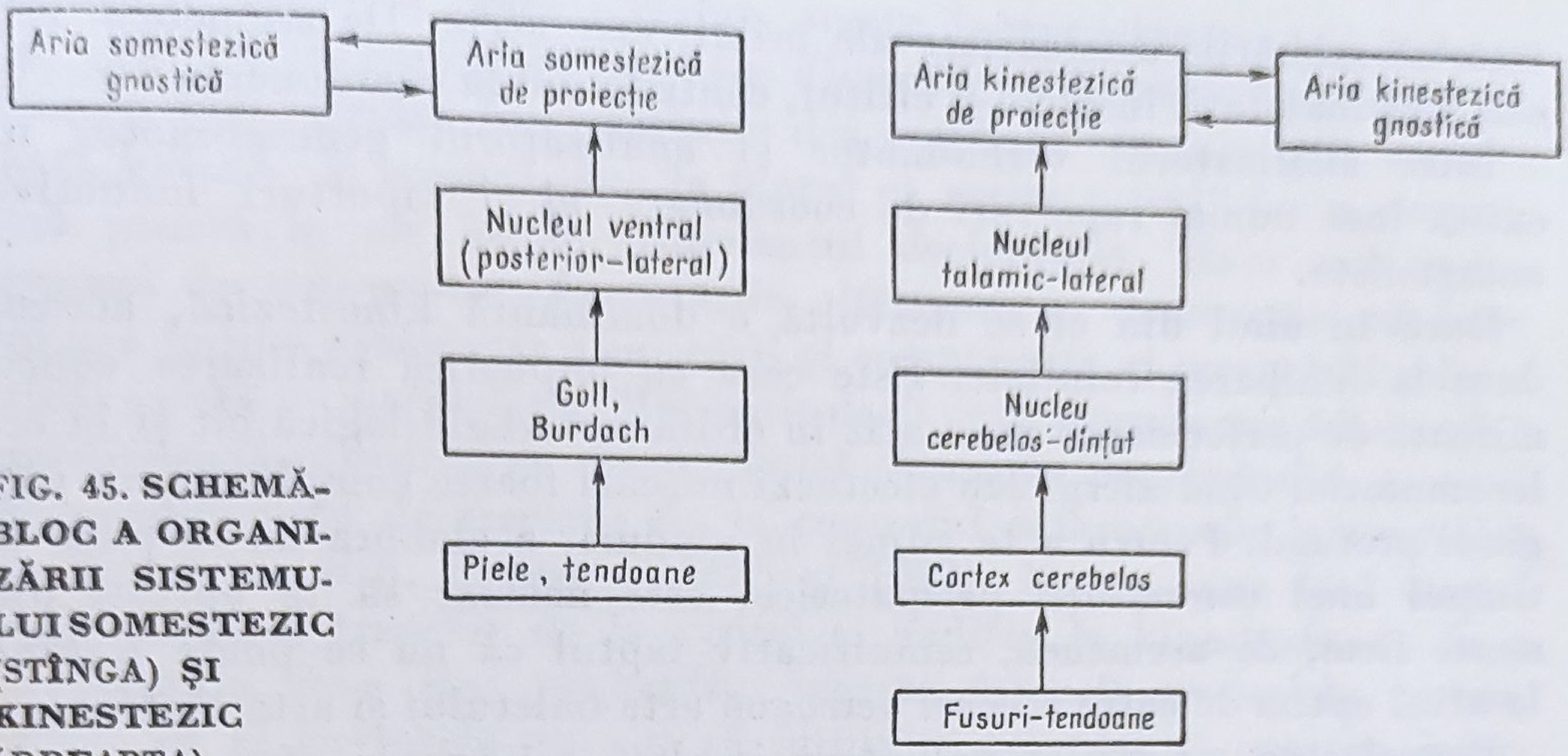


FIG. 45. SCHEMĂ-BLOC A ORGANIZĂRII SISTEMULUI SOMESTEZIC (STÎNGA) ȘI KINESTEZIC (DREAPTA)

Secenov, care arăta că „senzațiile musculare situîndu-se la „cotiturile" sensibilității, adică între intervalele dintre senzațiile de alt gen servesc pentru ele nu numai ca verigă unificatoare, dar determină totodată și „obiectivarea senzațiilor reciproce a substraturilor lor externe în spațiu și timp". Toate modalitățile senzoriale se bazează pe o anumită formă de mișcare musculară. Situația este evidentă îndeosebi în cazul văzului, tactului și gustului. Aparatele musculare care participă la celelalte modalități de recepție îndeplinesc funcția de mediatori în desprinderea parametrilor temporali și spațiali ai stimulilor specifici. Kinestezia se integrează în respectiva modalitate ca un sistem subadiacent. Așa este cazul kibesteziei oculare sau al kinesteziei implicate în tactul activ. Cea mai importantă aplicație de acest fel a analizatorului kinestezic privește organul vorbirii. Neurofiziologii au mers pînă acolo încît au considerat că există doi analizatori motori, unul general și altul verbo-motor.

Kinestezia organului fonator a fost apreciată de Pavlov drept „componenta bazală" a celui de-al doilea sistem de semnalizare.

Diferențierile foarte fine pe care le presupun mișcările articulatorii și întregul complex al activității fonematice sînt neîndoielnic legate de o excepțională sensibilizare și specializare kinestezică. Kinestezia verbală, deși conform unor teorii antropogenetice și concepției operaționale asupra gîndirii a fost și este parțial tributară kinesteziei generale, pînă la urmă, îndeplinește un rol reglator față de aceasta, pentru că prin cuvînt sînt stimulate, declanșate și conduse mișcările denumite voluntare. A. R. Luria a arătat că mișcările articulatorii însoțesc și

întăresc mişcările diferenţiate ale mîinii care scrie. De asemenea, mişcările articulatorii însoţesc şi cititul, contribuind la coordonarea vizuală.

Între analizatorul verbo-motor şi analizatorul general-motor nu există însă numai raporturi de coordonare, ci şi raporturi inductive, antagoniste.

Dacă în unul din ei se dezvoltă o dominantă kinestezică, aceasta duce la inhibarea celuilalt. Este ceea ce împiedică realizarea concomitentă de performanţe mari atît în ordinea verbalo-logică cît şi în cea locomotorie. Cînd alergi sau efectuezi mişcări foarte complicate nu poţi gîndi profund. Pentru a te adînci în gînduri, a elabora un răspuns în timpul unei conversaţii peripatetice, este necesar să te opreşti din mers. Este, de asemenea, semnificativ faptul că nu se poate îmbina la nivel optim de către aceeaşi persoană arta baletului şi arta cîntecului.

Dezvoltarea mişcărilor voluntare implică asigurarea aferentaţiei de la efector la centru. Mişcarea se construieşte prin intermediul unor reflexe proprioceptive. Excitabilitatea mişcării se transformă în sensibilitate în măsura în care diversele momente ale mişcării dobîndesc valoarea de semnal. Semnalul kinestezic poate să fie declanşator al unei acţiuni, singur sau asociat cu semnale de la alte modalităţi. Cea mai importantă funcţie a semnalului kinestezic priveşte însă succesiunea fazelor mişcării. Se poate spune că aici se realizează o interfuncţionare kinestezică; după ce s-a efectuat o fază, informaţia kinestezică ce parvine la scoarţă îndeplineşte funcţiunea de semnal pentru faza următoare, ş.a.m.d. Pentru ca acţiunea să se poată desfăşura complex, este necesar, ca ea să se fundeze pe un stereotip kinestezic. Iniţial, acţiunea este pendulatorie, se produce o tatonare şi prin urmare nici organizarea bazei ei de aferentaţie proprioceptivă nu este realizată şi definitivată. În urma exerciţiului, se produce o îngustare şi concentrare a zonei de recepţie kinestezice din scoarţă şi astfel acţiunea se desfăşoară cursiv şi economicos. În termeni contemporani, putem spune că desăvîrşirea acţiunii depinde de gradul de constituire a modelului său kinestezic.

Toate mişcările neinstinctive sînt învăţate. Punctele de pornire sînt desigur imitaţia vizuală şi indicaţiile verbale. Deplina însuşire a formelor noi de organizare presupune însă o învăţare kinestezică. Zaporojeţ reuşeşte să accelereze apariţia mişcărilor de apucare a obiectelor, la copiii de vîrstă timpurie, purtîndu-le mîna în repetate rînduri către obiect. Astfel se produce un reflex vizual kinestezic. Konorski şi Miller — (1936) au demonstrat experimental că transformarea excitaţiei kinestezice în semnal condiţionat este prima fază a mişcărilor voluntare. În experimentele lui Konorski şi Miller, după cîteva întăriri cu hrană

a flexiunii pasive a labei cîinelui, acesta începe singur să-şi îndoaie laba, privind în acelaşi timp către dispozitivul în care i se dă hrana automat. Prin urmare, împrejurările din viaţă, în care reacţiile motorii capătă valoare de semnal, duc la faptul că aceste reacţii devin simţite, adică poartă în ele însele stimulentul declanşator. Bain a introdus termenul de sensomotor. Cercetările ulterioare au demonstrat că între evoluţia formei exterioare a mişcării şi componenta ei senzorială (kinestezică) există un paralelism. Mai mult decît atît, organizarea kinestezică condiţionează mişcarea ca atare. Astfel, formarea deprinderilor motorii este condiţionată de trecerea de la controlul exteroceptiv la controlul pur kinestezic (Gh. Zapan — 1935 şi 1953). Nu se pune însă numai problema unui transfer de la vizual şi auditiv la kinestezic, ci de o restructurare ceva mai profundă. Aceasta întrucît semnalele exteroceptive ca şi cuvintele nu pot să furnizeze complet şi oportun informaţia pe care o furnizează mişcarea însăşi. Zaporojeţ — (1960) arată că în îndeplinirea operaţiilor instrumentale cel mai important fapt este organizarea interacţiunii dintre instrument şi materialul prelucrat. Aici îndeplineşte un rol hotărîtor informaţia privind dinamica internă a mişcării instrumentului obţinut cu ajutorul impulsurilor kinestezice care, deci, trebuie să semnalizeze nu numai mişcările propriului corp, dar şi deplasările instrumentului. În legătură cu aceasta, la persoanele calificate apare fenomenul ,,iradierii'' sensibilităţii mîinii asupra instrumentului manipulat, ilustrat de situaţia în care chirurgul ,,simte cu capătul bisturiului'' factura ţesutului secţionat sau lemnarul care ,,simte cu tăişul toporului rezistenţa lemnului prelucrat''.

După cum arată o serie de autori, mişcările ceva mai complicate ale copilului antepreşcolar sînt cu necesitate obiectuale. El ştie să opereze cu lingura, dar dacă i se cere să facă lucrul acesta în gol, rămîne dezorientat şi cere urgent o lingură pentru ca să facă demonstraţia respectivă. Este situaţia în care aferentaţia kinestezică nu a fost încă perfect constituită şi mişcarea are nevoie de sprijin exterior. Mai tîrziu, cînd baza de orientare kinestezică se va elabora, subiectul va putea să schiţeze orice fel de mişcare. Automatizarea, arată Zaporojeţ, constă în sinteza superioară şi unificarea componentelor motorii pe baza gnoziei kinestezice a celor mai importante condiţii ale mişcării efectuate. Observăm că aici este implicată şi o generalizare interoceptivă. Este ceea ce Jean Piaget consideră a fi schema senso-motorie asimilată. Meierovici — (1954 şi 1957), arată că dificultăţile ce intervin în educarea mişcărilor complexe la copii se explică prin faptul că atenţia acestora este îndreptată precumpănitor asupra rezultatului acţiunii, iar nu asupra modului cum trebuie să fie îndeplinită acţiunea. Dacă

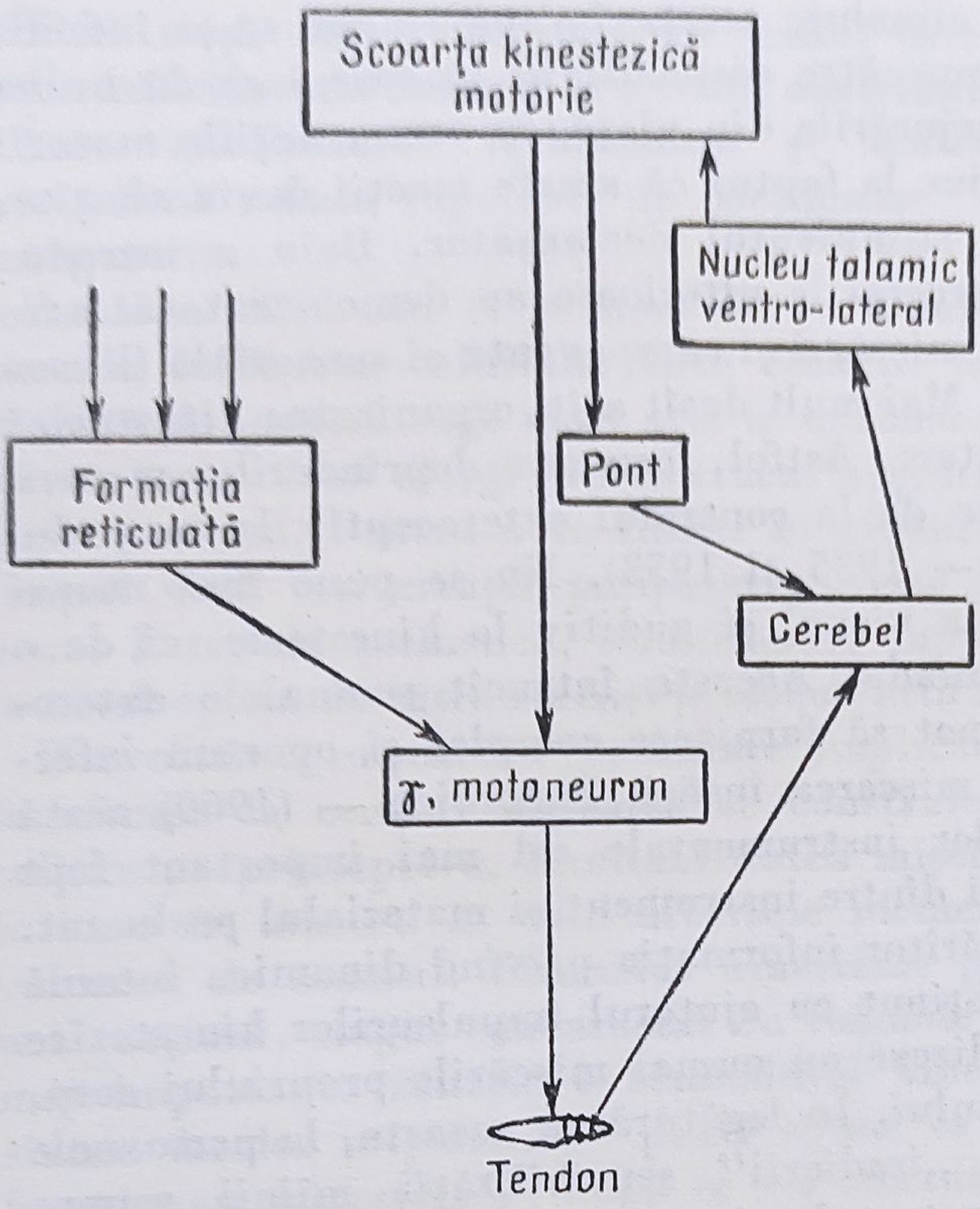


FIG. 46. BLOCUL MODEL AL CONTROLULUI CENTRAL AL FEEDBACKULUI KINESTEZIC (DUPĂ KONORSKI)

învățarea este organizată pe principiul orientării asupra condițiilor mișcării mîinii și instrumentului, obligînd la analiza acestei corelații, se observă rezultate superioare în timp scurt datorită elaborării finale a sistemului proprioceptiv necesar pentru autoreglaj. Galperin și Pantina — (1958) au demonstrat că deprinderile de scriere se formează la copii mai repede și la nivel calitativ superior în condițiile în care aceștia sînt eficient orientați asupra condițiilor operației pe care trebuie să o îndeplinească. În genere, educația kinestezică ocupă un rol aparte întrucît ea nu poate să fie realizată nici pe căi indirecte și necesită acțiunea motorie ca atare. Există însă o condiție a formării și desăvîrșirii acțiunii motorii, aceea ca ea să devină cît mai sensibilă, adică să dispună de o dominantă gnostică kinestezică.

Din cele de mai sus rezultă, așadar, că gnozia kinestezică stă la baza tuturor sistemelor noastre de mișcări active, prin care comportamentul își atinge obiectivele de adaptare (fig. 46).

În final, putem desprinde următoarele categorii mai importante ale acestei modalități de recepție:

1. gnozia kinestezică a mîinii, care asigură efectuarea adecvată a mişcărilor manuale voluntare;

2. gnozia kinestezică a corpului, care asigură aşa-numită praxie corporală;

3. gnozia kinestezică a gurii şi aparatului fonator şi articular, care condiţionează realizarea mişcărilor mimice şi de vorbire;

4. gnozia kinestezică a raporturilor spaţiale, care permite aprecierea adecvată a distanţelor şi direcţiilor în cadrul comportamentului locomotor.

Toate acestea, integrate într-un sistem perceptiv unitar, asigură permanent acea informaţie de *organizare* şi *sancţionare* fără de care activitatea motorie voluntară ar fi imposibilă.

VIII

SENSIBILITATEA ORTO-STATICĂ ȘI DE ECHILIBRU

1

Organizarea analizatorului vestibular

Semnalele despre schimbarea poziției corpului, îndeosebi a devierii centrului său de greutate, și despre modificările în caracterul mișcării active sau pasive sînt elaborate printr-o multitudine de organe de simț, printre care însă un loc central și cu funcție specifică îl ocupă aparatul vestibular. Acesta reprezintă segmentul neauditiv al urechii interne. El se compune din două părți principale: canalele semicirculare și așa-numitele organe otolitice — sacula și utricula (fig. 47).

Canalele semicirculare membranoase se află în interiorul labirintului osos. Ele conțin un lichid denumit endolimfă care comunică, prin niște mici deschizături, cu lichidul de același fel din utriculă. Au o dispoziție în trei planuri, orientate în unghi drept unul față de altul.

După felul cum sînt așezate, distingem un canal anterior (superior), unul posterior și un al treilea lateral. Canalele externe sau orizontale de ambele părți se află în același plan; cel anterior dintr-o parte este orientat într-un plan paralel cu cel al canalului posterior din cealaltă parte. În apropiere de joncțiunea cu utricula fiecare canal se termină printr-o dilatație denumită ampulă. În interiorul acesteia se găsește creasta ampulară care conține celule ciliate, care sînt considerate receptorii organului respectiv. Impulsurile celulelor ciliate sînt colectate de terminațiile dendritice ale ramurei vestibulare a perechii a VIII-a a nervilor cranieni, al cărei neuron se află în ganglionul lui Scarpa.

Veriga receptorie a utriculei o reprezintă aparatul otolitic. Sacula, care se leagă de melc printr-un canal, se consideră că participă cu precădere în recepția stimulilor vibratori lenți (Mc Nalley și Stuart, 1942).

Înregistrînd curenții de acțiune de pe fibre individuale ale nervului vestibular, Ross a stabilit că receptorii sistemului vestibular se împart în trei categorii: cei care răspund la o vibrație mecanică lentă, cei care

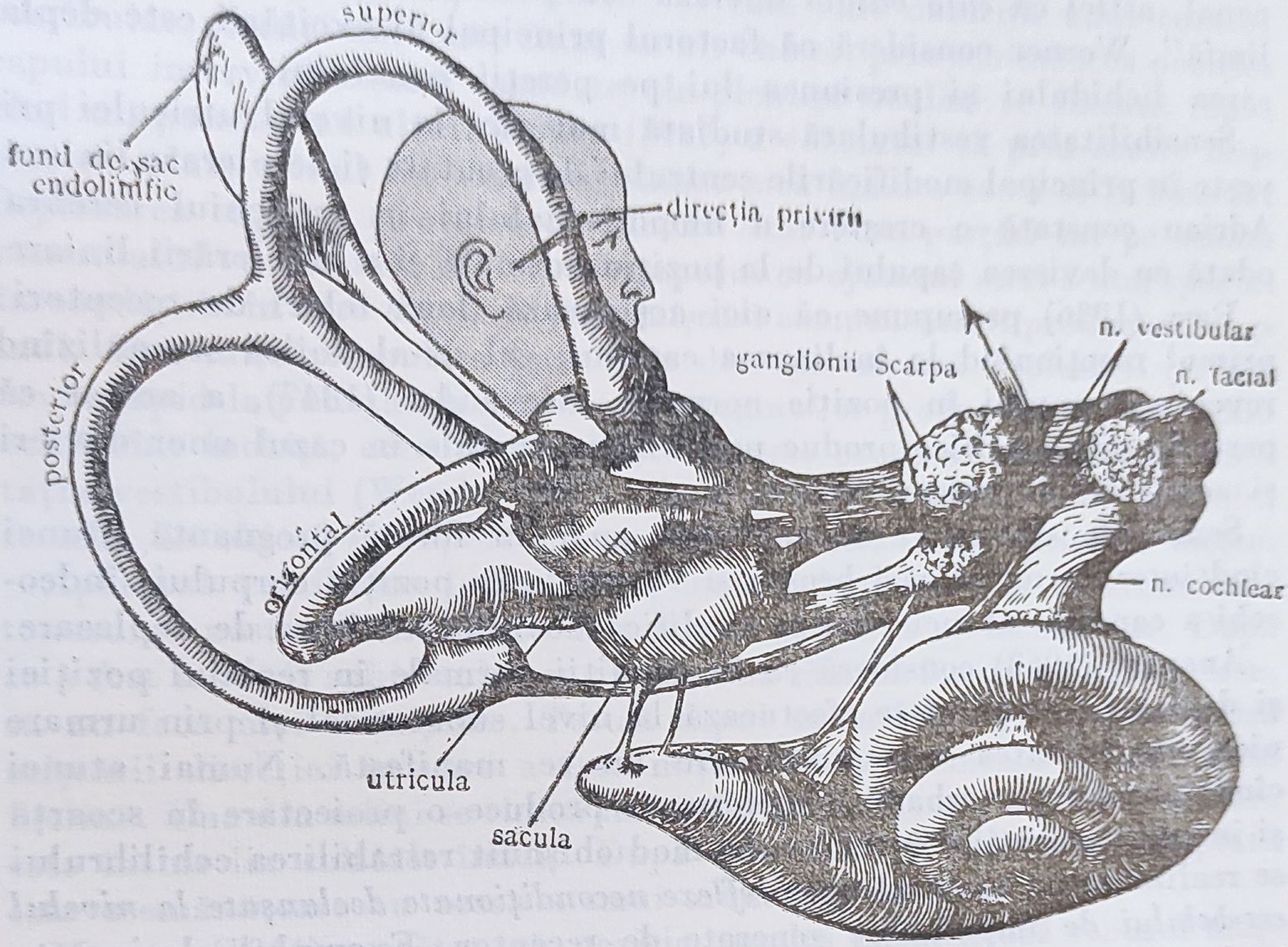


FIG. 47. APARATUL VESTIBULAR (DUPĂ HORDY, DIN STEVENS)

răspund la mișcările de înclinare (accelerare liniară) și cei care intră în acțiune sub influența mișcărilor de rotație.

Canalele semicirculare sînt după cele mai multe opinii receptori periferici ai mișcărilor circulare și parțial ai accelerărilor liniare.

Adrian a înregistrat biocurenții de la canalele semicirculare, constatînd că accelerarea și rotirea provoacă o creștere a *activismului* bioelectric, ce durează pînă la 25 de secunde, iar în condițiile poziției stabile a capului se înregistrează un *activism* spontan lent.

Gernard D. T. (1949) a descoperit prin înregistrări bioelectrice puncte care se excită o dată cu învîrtirea în orice poziție, puncte care se inhibă o dată cu învîrtirea în *orice sens* și puncte în care apar reacții inverse direcției în care se produce învîrtirea.

Încă Max, Brauer și Brow (1878) au constatat că excitarea canalelor semicirculare se produce o dată cu schimbarea accelerării în sens pozitiv sau negativ, adică creșterea sau scăderea vitezei. Wundt susținea că „accelerarea provocată de învîrtirea capului creează un curent de endolimfă maxim în cazul învîrtirii capului în direcția planului unui anumit

canal, astfel că *cula bazală* deviază sub presiunea curentului de endolimfă". Werner consideră că factorul principal al excitării este deplasarea lichidului și presiunea lui pe pereții canalului.

Sensibilitatea vestibulară studiată mai ales la nivelul utriculei privește în principal modificările centrului de greutate și accelerare liniară. Adrian constată o creștere a biopotențialului în trunchiul cerebral odată cu devierea capului de la poziția normală și a accelerării liniare.

Ross (1936) presupune că aici acționează două feluri de receptori: primul reacționînd la înclinarea capului, cel de-al doilea semnalizînd revenirea capului în poziție normală. Alexander (1847), a arătat că perturbațiile otolitice produc perturbări generale în cazul unor devieri și accelerări de valoare medie.

Senzațiile statice și de echilibru apar în formă pregnantă atunci cînd intervin modificări bruște și variabile în poziția corpului, îndeosebi a capului, atunci cînd se modifică neuniform viteza de deplasare.

Ananiev (1963) consideră că în condiții normale în reglajul poziției și deplasării corpului se efectuează la nivel subcortical și prin urmare nici sensibilitatea corespunzătoare nu se manifestă. Numai atunci cînd intervin perturbații deosebite, se produce o proiectare în scoarță și intervin senzațiile specifice. În mod obișnuit restabilirea echilibrului se realizează cu ajutorul unor *reflexe necondiționate declanșate la nivelul cerebelului* de impulsurile generate de receptor. Exemplul clasic este acela al alunecării pe gheață și al pericolului de cădere în care omul declanșează instinctiv o serie de mișcări de restabilire a echilibrului.

2
Caracteristicile sensibilității vestibulare

O caracteristică a sensibilității statice și de echilibru este aceea că ea se intensifică îndeosebi după ce s-a produs o schimbare de poziție sau a intervenit o nouă viteză de deplasare.

Prin intermediul trunchiului cerebral vestibulul și canalele semicirculare sînt în legătură strînsă cu cele mai diverse sisteme ale organismului. Astfel, există o strînsă legătură între recepția vestibulară și mișcările ochiului. Dodge (1921) a constatat că o dată cu schimbarea poziției corpului, privirea rămîne orientată asupra obiectului pe care îl fixa anterior. Pentru aceasta sînt necesare deplasări oculo-motorii

numite de Dodge ,,compensatorii'' şi care sînt datorită unui control vestibular. Atunci cînd este fixat un alt obiect, prin schimbarea poziţiei capului intervin mişcări sacadate ale globilor oculari ce fixează rapid cînd un punct cînd altul. Mower (1932) a constatat că prin aceste mişcări sacadate ochiul fixează noul obiect încă înainte ca să se fi încheiat deplasarea capului şi aceste coordonări sînt puse parţial tot pe seama controlului vestibular. Învîrtirea corpului cu ajutorul unui scaun special în condiţiile în care capul nu face mişcări compensatorii produce nistagmul. Sînt mişcări oculare încete, în direcţia inversă deplasării şi care revin rapid la punctul de pornire. Nistagmul se produce şi în cazul cînd ochii sînt închişi, ceea ce dovedeşte că este provocat exclusiv de incitaţia vestibulului (Wendt, 1963). Faza secundară rapidă a nistagmului se află de obicei în raport invers faţă de viteza fazei primare încete.

Aparatul vestibular îndeplineşte un rol important şi în stimularea tonusului postural în controlul poziţiei corpului şi membrelor. După ce a fost învîrtit subiectul, i se propune să rămînă fix cu mîinile întinse, să nu facă nici o mişcare. Totuşi capul se înclină spre partea opusă mişcării direcţiei în care a fost mişcat şi de asemenea trunchiul se înclină. Una din mîini se ridică iar cealaltă se coboară, unul din picioare este întins iar celălalt îndoit. După cum arată Wendt, poza adoptată este asemănătoare cu aceea a unui aruncător de disc.

Magnus (1944) a arătat că poziţia capului influenţează tonusul muşchilor extensori ai membrelor. Ridicarea capului măreşte tonusul extensorilor membrelor anterioare şi îl micşorează la posterioare; coborîrea capului micşorează tonusul membrelor anterioare (Wendt). La pisică, după extirparea aparatului vestibular se observă în genere o ataxie a muşchilor extensori.

Este bine cunoscută influenţa aparatului vestibular asupra activităţii organelor interne. La animale, în urma căderii, a învîrtirii sau deplasării într-un vehicol cu viteze comutative se observă reacţii maladive generalizate începînd cu secreţia salivară pînă la micţiune şi defecaţie. Spiegel S. A. (1944) consideră că aceste fenomene se datoresc extensiei stomacului, întreruperii mişcării spastice, întreruperii circulaţiei între stomac şi intestine şi constricţiei diafragmei şi muşchilor stomacali.

La om, suprasolicitarea vestibulară provoacă uneori depresie, slăbiciune musculară, dureri în urechea internă, nevralgii, cel mai grav simptom fiind voma. Sînt bine cunoscutele fenomene ale răului îndeosebi în timpul zborului cu avionul sau a călătoriei pe mare. Simptomele se agravează atunci cînd deplasările şi schimbările de poziţii sînt variate, insolite, neobişnuite. Wendt (1948) consideră însă că aceste perturbaţii

sînt datorite nu numai relației dintre aparatul vestibular și activitatea organelor interne, dar pot fi induse și pe cale psihică, depinzînd de așteptare, de sugestie, de lipsa efortului, de adaptare și de altele. Învîrtirea pe scaunul circular cu viteză constantă și fără schimbarea direcției produce foarte rareori vomă, însă duce la amețeală și dezorientare ulterioară. În genere perturbațiile vegetative ale aparatului vestibular nu sînt dependente de mărimea vitezei, ci așa cum am mai spus de eterogenitatea ei și de schimbarea direcției. Deplasarea într-un vehicul cu viteză constantă și direcție liniară produce cel mult amețeală.

În ceea ce privește rezistența vestibulară, apariția de fenomene perturbatoare, prezintă mari variații de la un individ la altul și în genere nu sînt dependente de starea generală a sănătății. Tocmai de aceea, proba vestibulară este foarte necesară în selecția personalului aviatic. Adaptarea la mișcări și schimbări neobișnuite de poziții, se realizează foarte anevoios, mai ales de către persoanele care nu dispun de ceea ce se numește rezistență vestibulară. Totuși, după cum arată Wendt (1936), Mc. Hally și Stewart (1942), Platonov (1946) există posibilități de antrenament, astfel că în urma unor prelungite și ingenioase exersări posibilitatea de orientare spațială să nu fie afectată de suprasolicitarea vestibulului și nici să nu apară perturbațiile vegetative. În ultimul deceniu, din acest punct de vedere s-au înregistrat progrese remarcabile, îndeosebi în ceea ce privește antrenamentul cosmonauților.

IX

SENSIBILITATEA GUSTATIVĂ

După natura sa reflectorie, gustul poate fi considerat o formă specială a sensibilității chimice. El reprezintă un sistem aferent diferențiat și specializat pentru înregistrarea și analiza proprietăților de ordin chimic ale corpurilor materiale cu care organismul vine în contact. Filogenetic, sensibilitatea gustativă este printre primele care se constituie, dar evoluția sa structurală și funcțională a mers relativ încet. Astfel, abia la pești s-a reușit să se identifice toate elementele componente ale sistemului. De asemenea, merită subliniat faptul că nivelul dezvoltării parametrilor caracteristici ai gustului, pe linie de sferă, volum și finețe este foarte inegal și disproporționat la diferitele specii de animale. Explicația trebuie, probabil, căutată în specificul condițiilor ecologice, al modului caracteristic și constant de hrană. Potrivit observațiilor și cercetărilor efectuate în ultima vreme, de-abia la maimuțe putem vorbi de structurarea unei sensibilități gustative complete (adică de prezența tuturor celor patru gusturi de bază). Unele mamifere au foarte slab exprimată sau sînt lipsite de sensibilitatea pentru dulce (ex. cîinele, pisica), la altele nu se delimitează cu precizie sensibilitatea pentru sărat de sensibilitatea pentru acru.

Păstrîndu-și funcția sa primordială de ,,apreciere'' și ,,selecție'' a substanțelor alimentare de care are nevoie organismul într-un moment sau altul și de pregătire a condițiilor psihofiziologice prielnice pentru ingerarea acestora, sensibilitatea gustativă capătă la om valențe noi, devenind instrument special de cunoaștere, adică folosindu-se anume pentru explorarea proprietăților corpurilor materiale, fără ca acestea să fie nemijlocit obiecte de consum. Caracterul gnostic al recepției gustative este independent de nota afectivă-agreabilă sau dezagreabilă — a senzației; simțim și recunoaștem gustul unei substanțe fie că ea ne place, fie că nu.

Cunoștințele noastre despre natura și mecanismele recepției gustative sînt în general reduse și aproximative.

În multe privințe s-a rămas la nivelul datelor și concluziilor psiho-

fiziologiei clasice, formulate la sfîrşitul secolului trecut, deşi se recunoaşte caracterul ipotetic al multora dintre ele. Cercetările contemporane n-au reuşit să depăşească semnificativ nici din punct de vedere metodic, nici ca volum nivelul perioadei anterioare. Tehnicile electrofiziologice, care în sfera altor modalităţi (vizuală, auditivă, tactilă) au dus la obţinerea unor rezultate într-adevăr spectaculoase, în domeniul sensibilităţii gustative n-au satisfăcut speranţele. Nu este greu deci să ne dăm seama că există serioase dificultăţi în cercetarea şi interpretarea mecanismelor şi calităţilor senzaţiilor gustative.

1

Structura analizatorului gustativ

Veriga periferică. Porţiunea periferică a analizatorului gustativ se prezintă sub forma unor papile distribuite pe suprafaţa limbii, pe porţiunea posterioară a glotei, pe laringe, faringe şi pe stîlpii amigdalieni anteriori. După formă, papilele gustative sînt de mai multe feluri: circumvalate, fungiforme şi foliate. De obicei, celulele gustative nu se întîlnesc izolat, ci în grupuri de la 2 pînă la 12, formînd aşa-numiţii *muguri gustativi*. Mugurul gustativ prezintă în partea posterioară o mică deschizătură denumită *por gustativ*. Prin intermediul acestuia cavitatea dintre celulele fuziforme şi cele de susţinere comunică cu cavitatea bucală.

Papilele gustative se repartizează în mod inegal pe suprafaţa limbii. În primul rînd ele nu se găsesc decît pe partea dorsală a ei. În al doilea rînd, ele lipsesc şi în porţiunea mediană a părţii dorsale. Deci, le vom întîlni numai în porţiunile vîrfului, bazei şi marginilor limbii (Arey, Tremainen şi Manzingo, 1935) (fig. 48). Într-o cantitate mult mai mică, papilele gustative au fost identificate şi în unele zone ale vălului palatin, ale glotei şi laringelui. Numărul general al papilelor gustative se modifică în funcţie de vîrstă. Potrivit cercetărilor, la bătrîneţe el se reduce considerabil, ceea ce ar explica ,,tocirea'' sensibilităţii gustative care se observă la oamenii bătrîni (Arey, 1935).

Celulele senzitive posedă proprietatea de absorbţie foarte importantă pentru producerea procesului excitaţiei specifice.

Căile de conducere. Impulsurile care iau naştere în celulele senzitive sub acţiunea substanţei gustative se culeg de către terminaţiile nervilor

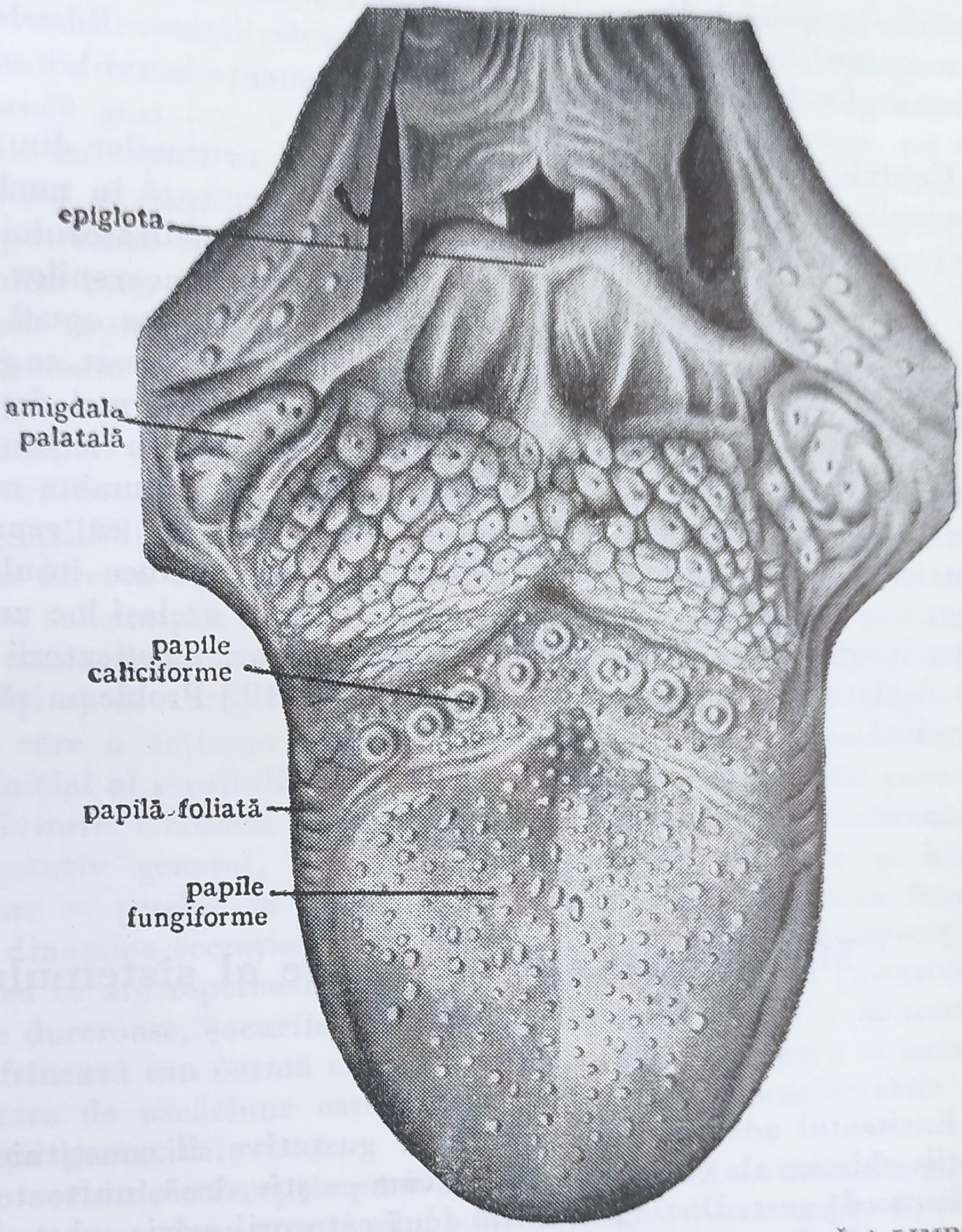


FIG. 48. DISPOZIȚIA PAPILELOR GUSTATIVE PE SUPRAFAȚA DORSALĂ A LIMBII

senzitivi. Unele din acestea pătrund chiar în interiorul papilelor, ramificîndu-se la suprafața receptorilor. Fibrele aferente intră în componența cîtorva nervi cranieni. Astfel, cele care inervează porțiunea anterioară a limbii se găsesc în componența nervului *lingual*, ramură a trigemenului. Prin structura sa, el este un nerv mixt, alături de impulsurile gustative transmițînd, de asemenea, impulsuri tactile, termice și dureroase. La segmentul distal al n. lingual se asociază *coarda timpanului*, (ramură a perechii a VII-a-n-facial) prin care sînt inervați mugurii gus-

tativi ai papilelor din porțiunea mijlocie și anterioară a limbii; porțiunea posterioară este inervată de n-glossofaringian. Fibrele din porțiunea glotei și laringiană merg în componența nervului vag.

Centrii intermediari și corticali. Axonii neuronilor din ganglionul geniculat și din ganglionul lui Audersch se conectează în nucleul solitar. Aci se găsesc primii centri intermediari ai analizatorului gustativ. Din nucleii bulbari corespunzători pornesc axonii neuronilor de ordinul al doilea. Terminațiile acestor neuroni merg de partea opusă în lemniscul median către talamus. În talamus, în nucleul arcuat, se găsesc neuronii de ordinul III. De aci impulsurile se propagă mai departe către scoarță. Pe baza analizei observațiilor clinice asupra leziunilor localizate în diferitele zone ale creierului, precum și în lumina rezultatelor cercetărilor electrofiziologice, s-a ajuns la ipoteza că reprezentanța corticală a sistemului gustativ s-ar situa în regiunea insulei sau în porțiunea inferioară a scizurii centrale, cam în același loc unde se află centrii senzoriali și motori ai limbii, musculaturii masticatorii și actului de deglutiție. (Bremer, 1923, Börnstein, 1940.) Problema rămîne însă deschisă.

2

Mecanismul de funcționare al sistemului gustativ

Excitantul adecvat al sensibilității gustative îl constituie proprietățile chimice ale corpurilor. După cum se știe, însă, nu toate substanțele posedă gust. Distingem astfel două categorii mari: substanțe sapide și insipide. Pentru ca o substanță să poată stimula receptorii gustativi este necesar ca, în afară de o anumită structură chimică, ea să aibă însușirea de a se dizolva în apă. Deci vor fi active numai substanțele efectiv solubile. În acest caz, chiar dacă nu dispunem de soluții și substanța ne este dată în stare solidă, introdusă în gură ea va provoca o excitație specifică ca urmare a dizolvării ei parțiale în salivă. Dacă, cu ajutorul unui tampon de vată medicinală sau hîrtie de filtru, ,,uscăm'' suprafața dorsală a limbii, aplicarea imediat după aceea a unei substanțe alimentare sapide (de ex. o bucată de zahăr) nu va provoca senzație gustativă, ci numai senzații tactile, de presiune și termice. Sub-

stanțele care nu posedă însușirea solubilizării (ex. aurul, platina, siliciul etc.) nu provoacă senzații gustative specifice, indiferent de durata ținerii lor în cavitatea bucală. În același timp, nu absolut toate substanțele solubile posedă gust (ex. o serie de aminoacizi). De asemenea, nu se poate stabili un raport direct proporțional între gradul de solubilitate și intensitatea senzațiilor gustative. Zaharina determină o senzație mult mai puternică decît zahărul, deși coeficientul ei de solubilitate este mult mai mic.

Substanțele sapide pot acționa asupra terminațiilor nervoase în forma soluțiilor ionizate (cum sînt de pildă soluțiile slabe de săruri și acizi) sau neionizate (cum sînt soluțiile substanțelor organice — zahărul).

În mecanismul general de producere a excitației la periferie un rol important revine așa-numiților factori auxiliari: saliva, glandele salivare și mișcările limbii. Saliva îndeplinește trei funcții principale care au legătură directă cu dinamica procesului de excitare: a) de solvent în raport cu substanțele solide, uscate; b) de diluare în raport cu soluțiile prea concentrate, cărora le atenuează forța de acțiune făcîndu-le tolerabile, și c) de curățire (spălare) a mucoasei bucale de rămășițele substanței care a acționat anterior, contribuind astfel la restabilirea nivelului inițial al sensibilității și făcînd aparatul receptor valid pentru o nouă activitate. Glandele salivare, ca element component al sistemului viscero-vegetativ general, sub influența proceselor biofizice și biochimice care se produc în organele interne, își modifică starea funcțională și dinamica secreției. Ca urmare, se poate modifica compoziția salivei, ceea ce are repercusiune directă asupra sensibilității gustative. Excitațiile dureroase, șocurile sau stările emoționale puternice de frică, furie etc. frînează sau curmă cu totul secreția salivei. În gură se instalează o stare de uscăciune care determină o scădere considerabilă a sensibilității gustative.

Se poate vorbi de o recepție pasivă și de una activă a stimulilor gustativi. Prima se produce atunci cînd substanța acționează asupra limbii imobile.

În acest caz, pentru apariția senzației se cere o intensitate mai mare a excitantului și o durată mai lungă de aplicare a lui. Cea de a doua formă a recepției se realizează în cursul mișcărilor limbii. Datorită lor, se asigură o dizolvare mai rapidă a particulelor substanței-stimul, o distribuire a soluției pe o suprafață mai mare a limbii și un contact mai bun cu aparatul de recepționare. În acest caz, perioada de latență a senzației gustative e mult mai mică. Mișcările limbii joacă un rol important nu numai în producerea senzațiilor gustative specifice, ci și în diferențierea lor.

Fiind îndeplinite condițiile de mai sus, aparatul gustativ propriu-zis intră în funcțiune. Excitația de la celulele senzitive este transmisă către centrii nervoși corespunzători prin sistemul fibrelor aferente descrise. Fiecare fibră nervoasă colectează informația de la mai multe celule gustative. După cum au stabilit cercetările lui Pfaffmann (1941, 1959), fiecare fibră aferentă poate să reacționeze la mai mulți excitanți gustativi, avînd calități diferite. Sub influența stimulației, fibrele nervoase gustative generează mici potențiale de acțiune, cu o frecvență neregulată. Micșorîndu-se după primele 2 secunde de stimulare, aceste potențiale se păstrează apoi la un nivel constant, proporțional concentrației și caracterului excitantului chimic.

Acesta este un fenomen de obișnuință care se datorește unor procese de „stabilizare" ce au loc în sistemul nervos central. Fibra nervoasă de tip gustativ, luată separat, pune în evidență o viteză de adaptare diferită sub influența acțiunii diferitelor substanțe chimice asupra limbii. Dezvoltarea reacției în timp depinde de proprietățile excitantului chimic. Cationii joacă rolul predominant în excitarea cu săruri, iar anionii exercită o ușoară influență inhibitorie.

Beidler (1961) presupune că reacția dintre stimulul gustativ și celula senzitivă poate fi exprimată printr-o relație asociativ-integrativă de genul celei de mai jos:

$$A + B \rightleftarrows AB,$$

$$C + (N - Z) \rightleftarrows Z,$$

unde A este excitantul, B — centrii activi liberi ai receptorului, AB — centrii activi ocupați ai receptorului, C — concentrația excitantului, N — numărul total al centrilor activi accesibili ai receptorului, iar Z — numărul centrilor ocupați în momentul acțiunii concentrației C. De aci se calculează o așa-numită constantă K a echilibrului:

$$K = \frac{(Z)}{(C)(N-Z)} \tag{1}$$

Admițîndu-se că mărimea reacției este proporțională cu numărul de centri activi ocupați ai receptorului și că maximumul acestei reacții se înregistrează atunci cînd avem o concentrație suficient de înaltă încît ea să asigure ocuparea tuturor centrilor activi, valoarea reală a reacției se determină după formula:

$$R = \alpha Z \text{ și } Rs = \alpha N,$$

unde R este mărimea reacției, iar Rs — valoarea reacției maxime. Substituind valorile respective în formula (1) se ajunge la ecuația de bază care exprimă mecanismul excitației în sfera sistemului gustativ:

$$\frac{C}{R} = \frac{C}{Rs} + \frac{1}{KRs} \quad \text{(Beidler, 1961).}$$

Toți parametrii din ecuația dată, în afară de constanta de echilibru (K) pot fi măsurați direct. Reprezentarea grafică a datelor privind dependența reacției sumatorii a receptorilor gustativi $\left(\frac{C}{R}\right)$ de concentrația molară a excitantului (C) va avea forma unei linii drepte ascendente. (Pe axul ordonatelor se va marca mărimea $\frac{C}{R}$, iar pe axul abscizelor valoarea C).

Modelul propus concordă cu multe date experimentale îndeosebi de ordin psihofizic (determinarea pragurilor gustative) și psihofiziologic (procesul adaptării și interacțiunii gusturilor).

Dinamica recepției gustative este foarte mult influențată de poziția spațială a moleculelor celulelor senzitive. Deosebiri însemnate ale poziției spațiale a acestor molecule pot atrage după ele deplasări considerabile ale parametrilor reacției la excitantul adecvat. În populația dată a receptorilor gustativi o celulă poate să se deosebească de cele cu care se învecinează atît după nivelul sensibilității, cît și după calitatea reacției la stimulii gustativi de bază. Se poate astfel vorbi de o înaltă specificitate a sensibilității gustative, determinată de întregul proces al evoluției filo și ontogenetice. Această specificitate este ilustrată de existența percepțiilor gustative unitare, de grade diferite de finețe și nuanță.

3

Calitățile senzațiilor gustative

Senzația gustativă o vom defini ca reflectare subiectivă mai mult sau mai puțin adecvată a însușirilor structurii chimice interne a substanțelor capabile să stimuleze receptorul. Întrucît există un număr foarte mare de substanțe-stimul, cu compoziție chimică diferită, înseamnă

că, în mod corespunzător, putem vorbi și de existența unei game întinse și variate de senzații gustative. Astfel, din punct de vedere calitativ, sensibilitatea gustativă ne înfățișează o structură complexă. De aceea se impune în mod necesar o clasificare.

În stabilirea ei, psihofiziologia pornește de la considerarea raportului dintre compoziția chimică a substanței-stimul și efectul ei în planul reflectării subiective. În felul acesta, s-au stabilit următoarele categorii de senzații: a) senzații de bază — *sărat*, *acru*, *dulce* și *amar*, care sînt provocate de acțiunea substanțelor chimice pure, luate izolat; b) senzații derivate sau mixte — care iau naștere în procesul amestecului sau interacțiunii substanțelor de bază; c) senzații gustative nespecifice — care apar în urma stimulării receptorilor cu un excitant neadecvat — (curent electric).

Unii autori (Hahn, Kuckulies și Taeger, 1938) adaugă la cele 4 gusturi primare și așa-numitul gust alcalin. Dar majoritatea îl consideră o senzație combinată care poate să cuprindă și componente negustative cum sînt cele de ordin tactil și olfactiv, (Oehrwall, 1891; Frey, 1910; Kloehn și Brogden, 1948). În cadrul celor 4 senzații de bază se deosebesc, în general, numai nuanțe după parametrul intensității. Astfel, gustul tuturor substanțelor pur amare este identic. Soluțiile de opium, stricnină, morfină, chinină și acid picric pot fi diferențiate după intensitatea senzației, dar nu după calitatea ei. Dacă însă se echivalează și intensitatea, prin dozarea adecvată a concentrației soluțiilor, stricnina 1 : 200 000, chinina 1 : 100 000, morfina 1 : 3 000, acidul picric 1 : 100 000, diferențierea lor devine imposibilă. La fel se poate spune și despre senzația de acru. Soluțiile de acid clorhidric, azotic, fosforic, acetic, citric ș.a. nu se diferențiază din punctul de vedere al calității senzației. De asemenea, nu se poate afirma că există mai multe feluri de senzații de dulce.

Existența celor 4 senzații de bază se leagă de existența a patru tipuri specifice de receptori gustativi. Aplicîndu-se metoda excitării punctiforme, cu soluții de chinină, zaharoză, acid clorhidric și clorură de sodiu, s-a stabilit că unele papile sînt impresionate numai de soluția acidă (cele localizate în zonele laterale ale limbii), altele numai de soluțiile saline (în zonele vîrfului și marginilor limbii), altele numai de soluțiile amare (în zona de la baza limbii), (Kiesow, 1894; Hänig, 1901). Înregistrînd curenții de acțiune la nivelul căilor aferente, Pfaffmann (1941) a stabilit că unele fibre răspund exclusiv la excitația de tip acid. Au fost de asemenea puse în evidență două tipuri de fibre cu reactivitate mixtă: unele care reacționează la acid și sărat, iar altele — la acid și chinină. Pînă în prezent nu au fost descoperite fibre care

să răspundă special la excitația cu zahăr. Probabil, majoritatea receptorilor posedă o sensibilitate mixtă, ceea ce se explică prin aceea că o singură fibră nervoasă poate inerva mai multe papile gustative.

În condițiile percepției cotidiene noi avem de-a face cel mai frecvent cu substanțe complexe, combinate (mai ales dacă este vorba de substanțele alimentare), care provoacă senzații derivate, mixte. Senzațiile pure se manifestă în cazuri izolate, speciale. Totuși, pentru a înțelege și explica structura și mecanismele percepției gustative în ansamblu, este necesar să cunoaștem în prealabil parametrii și caracteristicile calitative ale senzațiilor de bază, primare.

Senzația de acru. Dintre toate ea are individualitatea funcțională cea mai pregnantă. Excitanții care o provoacă au fost cel mai clar delimitați. Gustul acru este proprietatea constantă aproape a tuturor acizilor. (Excepție fac acizii foarte slabi, cum este fenolul). În soluțiile apoase acizii se disociază în anioni și cationi de hidrogen:

$$HCl \leftrightarrows H^{+} + Cl^{-}$$

Gradul de disociere determină forța de acțiune. Acizii puternici de concentrație egală provoacă senzații de acru a căror intensitate este proporțională cu gradul de disociere. Face excepție acidul acetic care, deși se disociază slab și are o concentrație mică de ioni de hidrogen, provoacă o senzație puternică. Se presupune că acizii organici pătrund mai ușor prin membranele celulelor senzitive decît cei puternici (Crozier, 1916, Taylor, 1928).

Pe de altă parte, forța de acțiune a acizilor slabi se datorește și interacțiunii lor specifice cu saliva. (Saliva îndeplinește funcția unui sistem de tip tampon care accentuează influența unor substanțe asupra receptorilor). În cazul cînd influența salivei este înlăturată, intensitatea senzației de acru se determină de numărul general al ionilor de hidrogen (Hahn, Kuckulies și Taeger, 1938).

Așadar, concentrația ionilor de hidrogen rămîne factorul principal de care depind parametrii senzației de acru.

Senzația de sărat. Cel mai adecvat excitant pentru a determina senzația de sărat este clorura de sodiu (NaCl). Este, de fapt, și singura substanță care determină senzații de sărat pure. Toate celelalte săruri provoacă senzații intermediare de dulce-amărui. Intensitatea senzației depinde de concentrația anionilor și de deosebirile dintre ei (Skramlik, 1926). Cationii nu rămîn însă complet pasivi. Se pare că datorită lor devine posibilă o anumită diferențiere calitativă a senzațiilor de sărat

pe care le provoacă diferitele săruri (Starling, 1933; Hopkins, 1932; Crozier, 1934).

Senzația de dulce. Dacă substanțele care provoacă senzația de acru și sărat au o structură chimică asemănătoare, substanțele care provoacă senzația de dulce se pot deosebi din acest punct de vedere. Multe dintre ele sînt combinații organice care, de regulă, nu se disociază. Exemplul tipic de acest fel este zaharoza. Alte zaharuri, precum fructoza, glucoza etc. în care se repetă grupa CH_2OH (ca și în zaharoză) determină senzații de nuanțe diferite. Pe de altă parte, zaharina care, de asemenea, provoacă senzații de dulce se exprimă printr-o altă formulă structurală. Se consideră că, în general, senzația de dulce depinde de anion, deoarece majoritatea sărurilor au gust dulce, (Stevens, 1951).

Se recunoaște că homologii, adică substanțele cu proprietăți fizice și chimice asemănătoare, provoacă senzații gustative analoge. Dar, după cum a demonstrat Moncrieff (1946), homologii unei anumite substanțe pot determina nuanțe gustative suplimentare. Astfel, o dată cu creșterea greutății moleculare în seriile substanțelor homologe, se constată schimbarea gustului lor din direcția dulcelui în direcția amarului. Așa, de pildă, etilenglicolul este dulce, tetrametilenglicolul mai puțin dulce, iar hexametilenglicolul — amar. Întrucît creșterea greutății moleculare micșorează solubilitatea substanței, se presupune că are loc, în același timp, și o scădere a concentrației necesare pentru o anumită senzație gustativă.

Apariția senzațiilor de dulce nu este legată numai de existența anumitor ioni sau grupe de atomi, ci și de structura spațială a înseși moleculelor.

Senzația de amar. Excitanții specifici care provoacă acest tip de senzații sînt alcaloizii (chinina sau stricnina). Nu există însă o grupă de substanțe chimice care să se caracterizeze prin gustul amar. Astfel, senzații de amar provoacă o serie de electroliți, precum sărurile de magneziu și amoniac. Creșterea greutății moleculare a sărurilor le modifică gustul în direcția amarului. După cum s-a menționat mai sus, și substanțele care de obicei provoacă senzații de dulce, atunci cînd li se mărește greutatea moleculară, devin stimuli ai senzațiilor de amar. De altfel, în percepția obișnuită, gustul amar se împletește frecvent cu o tonalitate de dulce. Pe această bază s-a emis ipoteza că mecanismele senzațiilor gustative pot fi grupate în două sisteme: pe de o parte, mecanismele pentru dulce și amar, pe de alta — cele pentru acru și sărat (Taylor, 1928).

4

Raportul dintre natura senzației gustative și structura chimică a substanțelor

Am arătat că este acceptată astăzi ideea că factorul principal de care depinde calitatea senzației gustative (celelalte condiții fiind egale) este structura chimică a substanțelor. Totuși, cercetările întreprinse în această direcție au demonstrat că nu în toate cazurile poate fi stabilită o corespondență univocă. Substanțele gustative se împart în 3 grupe: a) substanțe apropiate după natura lor chimică și care provoacă senzații identice sau similare; b) substanțe înrudite după structura chimică, dar care provoacă senzații diferite; c) substanțe diferite după structura chimică, dar care provoacă senzații de același tip.

Din prima categorie fac parte unii din izomerii optici. De exemplu, au același gust (dulce) alamina d și l; apoi, acidul aminogliceric d și l — β, fenoglicina d și l. De asemenea, se poate menționa un mare număr de izomeri de tip 0, m și p care au gust identic; nitroanizolii 0, m, p au gust dulce; acizii nitrați 0, m și p au gust amar. Gust acru posedă acizii neorganici și organici disociabili și sărurile acide, iar gust dulce — zaharurile: glucoza, zaharoza, galactoza, lactoza.

Din categoria a II-a interesul cel mai mare îl prezintă stereoizomerii (aminoacizii). d-Valina are gust dulce-amărui (slab), h-valina gust dulce, d-leucina — gust dulce, l-leucina gust amărui, d-asparagina — gust dulce, l-asparagina este insipidă. Izomerii poziționali pot avea proprietăți gustative diferite: α-aminoacizii, în cea mai mare parte, provoacă senzații de dulce; β-aminoacizii nu stimulează receptorii gustativi.

În grupa a III-a urmează să încadrăm: o serie de alcaloizi (chinina, stricnina, benzolii derivați ai nitratului), mulți acizi și săruri neorganice.

Prezența grupurilor atomice nu este factorul care conferă diferitelor substanțe un anumit gust. Dovada o constituie clasa izomerilor care deși posedă aceleași grupe atomice provoacă senzații gustative cu calități diferite.

Prin urmare, se impun încă numeroase cercetări experimentale pentru a putea găsi un răspuns mai definit la problema privind raportul dintre particularitățile structurii chimice a substanțelor și calitatea senzațiilor gustative.

5
Dinamica sensibilității gustative

Pragurile absolute. Valorile pragurilor sensibilității gustative variază foarte mult în funcție de metodele de administrare a excitanților, de cantitatea soluției utilizate, de mărimea suprafeței stimulate a limbii.

Așa, de exemplu, în cazul stimulării punctiforme (prin picături) pragul mediu pentru clorura de sodiu este de 0,19%, iar în cazul utilizării metodei alegerii, cînd subiecților li se propune să compare apa simplă cu o soluție de sare, probîndu-le în gură, pragul este mult mai mic — 0,08%. Pe de altă parte, nivelul sensibilității gustative este foarte variabil. La unul și același subiect el se poate modifica în limite destul de largi, în momente diferite ale zilei. Există apoi o serie de factori interni, psihofiziologici, care exercită o influență considerabilă asupra parametrilor cantitativi și calitativi ai recepției gustative. (Aceștia vor fi analizați într-unul din paragrafele următoare). Deosebirile în nivelul sensibilității, la diverși indivizi, pot atinge asemenea valori, încît unii pot fi numiți insensibili sau ,,orbi'' la acțiunea stimulilor gustativi (Fox, 1932, Blakeslee, 1932). O sensibilitate atît de scăzută poate fi înnăscută.

Este deci explicabilă divergența apreciabilă care se constată între rezultatele măsurătorilor efectuate de diferiți cercetători. În 1887, Schreiber indica următoarele valori liminale medii: 0,1% pentru soluția de zahăr, la temperatura de 30°C, 0,05% — pentru soluția de clorură de sodiu, 0,0025% — pentru soluția de acid citric și 0,0001% — pentru soluția de chinină.

Cercetările sistematice întreprinse în laboratoarele lui Lazarev (1935) au stabilit că, inițial, valorile pragurilor pentru substanțele gustative de bază se caracterizează printr-o mare instabilitate; apoi, pe măsura repetării probelor, se observă tendința lor de a se stabiliza la un nivel relativ constant și scăzut. Dar valorile medii indicate în lucrările acestui laborator diferă mult de cele stabilite de Schreiber. Astfel, Borisova consideră caracteristice următoarele cifre: pentru zahăr — 2,80, pentru clorura de sodiu — 0,50, pentru acidul clorhidric — 0,12, pentru chinină — 0,00002.

Pornind de la datele despre cantitatea minimă de molecule care acționează asupra receptorului, Skramlik a calculat energia mișcării lor. Aceasta este egală cu $2{,}06 \cdot 10^{-16}$ T/ergi, unde T reprezintă tem-

peratura absolută. În formă rezumativă, datele acestui calcul sînt cuprinse în tabelul de mai jos:

ENERGIA MOLECULARĂ A NUMĂRULUI MINIM DE MOLECULE DE SUBSTANȚE GUSTATIVE CARE ASIGURĂ APARIȚIA SENZAȚIILOR SPECIFICE (DUPĂ SKRAMLIK)

Denumirea substanței	*Numărul de molecule*	*Energia (în ergi)*
Sorbit	$8,0 \cdot 10^{21}$	$4,8 \cdot 10^{8}$
Sare de bucătărie	$5,2 \cdot 10^{19}$	$3,1 \cdot 10^{6}$
Acid acetic	$4,8 \cdot 10^{18}$	$2,8 \cdot 10^{5}$
Pilocarpină	$1,5 \cdot 10^{18}$	$9,0 \cdot 10^{4}$
Zaharină	$1,6 \cdot 10^{16}$	$9,0 \cdot 10^{2}$
Chinină sulfuroasă	$6,5 \cdot 10^{14}$	$3,9 \cdot 10^{1}$

Dacă suprafața porțiunii stimulate se reduce, valorile pragurilor vor fi desigur altele. Modificarea lor este determinată în primul rînd de nivelul heterogen al sensibilității pe care-l au diferitele zone ale limbii. Pentru determinarea pragurilor specifice este necesar ca stimulul să se administreze porțiunii care are în raport cu el sensibilitatea cea mai ridicată. Astfel, cel mai adecvat, pragurile pentru substanțele dulci se obțin prin stimularea vîrfului limbii, cele pentru substanțele amare — prin excitarea zonei posterioare (a bazei) a limbii, pentru substanțele acide — prin stimularea îndeosebi a porțiunilor marginale, iar pentru săruri — prin excitarea porțiunilor anterioare și marginale.

Totuși, în acest caz, concentrația soluției trebuie mărită, deoarece suprafețele stimulate își reduc considerabil dimensiunile.

Desigur, această diviziune funcțională a porțiunilor limbii este relativă. Putem provoca senzații specifice și prin excitarea zonelor „nespecifice". De exemplu, senzația de dulce sau sărat poate fi determinată și prin stimularea bazei limbii, după cum și senzația de amar poate fi provocată, la rîndu-i, de excitarea vîrfului limbii. Concentrațiile soluțiilor corespunzătoare trebuie să fie însă mult mai mari (Holway și Hurvich, 1938; Bujas și Ostojcic, 1941; Bronstein, 1950; Beidler, 1961).

În general, intensitatea senzațiilor gustative precum și concentrația minimă a substanțelor — stimul este invers proporțională cu suprafața excitată, mai exact cu numărul de papile „irigate". (Beidler, 1960).

Pragurile diferențiale. Estimarea cantitativă a sensibilității gustative diferențiale este și mai dificilă decît cea a sensibilității absolute. Este foarte greu să acționăm simultan asupra receptorului cu două soluții de concentrație diferită sau de natură diferită. S-ar putea administra două picături de soluție-stimul pe două porțiuni deosebite ale limbii. Procedeul nu este însă eficient, deoarece chiar între zonele apropiate sau simetrice există diferențe în nivelul de sensibilitate. Așadar, metoda comparării simultane, larg folosită în sfera sensibilității vizuale sau auditive, se dovedește aici inadecvată. Ne rămîne atunci metoda comparării succesive. Nici aceasta nu este însă lipsită de imperfecțiuni. Analizatorul gustativ are, în genere, un grad foarte ridicat de inerție, ceea ce face inoperantă administrarea la intervale scurte a stimulărilor, așa cum o reclamă metoda respectivă. Fenomenele de postacțiune foarte proeminente în recepția gustativă, ca și adaptarea care se dezvoltă aci cu multă repeziciune, îngreuiază activitatea de analiză comparativă a excitanților. Pentru ca două picături ale aceleiași substanțe-stimul să determine senzații de aceeași tărie este necesar ca ele să fie administrate la intervale de timp destul de mari. Mărirea intervalelor dintre excitații face însă ca precizia diferențierii să nu depindă atît de funcția recepției nemijlocite, cît mai ales de fidelitatea memoriei.

Datele experimentale acumulate pînă în prezent permit, totuși, unele aprecieri mai exacte în legătură cu legitatea dinamicii sensibilității gustative diferențiale. În primul rînd, merită subliniat faptul că, odată cu trecerea de la concentrațiile slabe la cele puternice, pragurile diferențiale scad. Pragurile diferențiale cele mai mici se înregistrează în zona concentrațiilor medii. În registrul concentrațiilor mari, pragurile diferențiale cresc, sensibilitatea scade, (Lewis, 1948; Beebe-Center și Waddell, 1948; Mac Lead, 1950). Deci și sensibilitatea gustativă se subordonează, din acest punct de vedere, legii generale a dinamicii sensibilității.

Creșterea absolută și relativă a pragurilor gustative diferențiale, odată cu trecerea la concentrații foarte mari ale substanței, are o importantă implicație practică: pentru obținerea unor senzații gustative de intensitate maximă, care să determine un nivel optim al dispoziției emoțional-afective a individului, concentrația nu trebuie să depășească o anumită limită. Astfel, se dovedește că pentru a determina o senzație

de dulce, maxima concentrație a soluției de zahăr trebuie să atingă valoarea de 20%. Creșterea ei dincolo de această limită este inutilă din punct de vedere al intensității senzației gustative. Pentru clorura de sodiu valoarea limită a concentrației este de 10%, pentru acidul clorhidric de 0,2%, iar pentru chinină de 0,1%.

În al doilea rînd, se impune să menționăm că valorile și dinamica creșterii sau descreșterii pragurilor diferențiale depind de ordinea în care se administrează soluțiile-stimul (de concentrații diferite) și de mărimea intervalelor dintre probe. Ambele soluții ce urmează a fi comparate se pot da în concentrație crescîndă sau descrescîndă. Dacă soluția a doua este mai concentrată decît prima, pragul diferențierii va fi mai mic, decît în cazul ordinii inverse de prezentare (Fodor și Happisch, 1922).

Dependența nivelului inițial al sensibilității gustative de influența diverșilor factori. Din cele spuse mai sus s-a desprins clar ideea că sensibilitatea gustativă este o funcție dinamică, dependentă de mai multe variabile. De aceea, măsurătorile pe care le facem asupra ei (atît la subiecți diferiți în același moment și în aceeași situație, cît și la unul și același subiect în momente și situații diferite) nu ne oferă decît un tablou general aproximativ al parametrilor săi fundamentali. De fiecare dată, valorile concrete înregistrate în cursul experimentului trebuie să le raportăm sau să le condiționăm de o serie de factori (obiectivi și subiectivi) variabili care pot exercita fie un rol stimulator, fie unul frenator, inhibitor, atît asupra funcției recepției absolute, cît și asupra celei discriminative.

Factori de ordin obiectiv (care țin de însușirile nespecifice ale stimulilor și de ambianța în care sînt dați ei). Aci, primul loc trebuie acordat *temperaturii*. Este vorba, pe de o parte, de temperatura mediului înconjurător, iar pe de alta de temperatura substanței-stimul. Krol-Liefshitz (1933) a stabilit că temperatura mediului înconjurător influențează asupra stării funcționale a aparatului gustativ. Creșterea temperaturii externe dincolo de o anumită limită determină scăderea sensibilității pentru sărat, acru și amar. Dacă temperatura ridicată se menține pe o perioadă mai mare de timp, scăderea sensibilității poate căpăta un caracter constant. Acest fenomen poate fi considerat ca un simptom particular al scăderii tonusului general de activitate a creierului, în condițiile unei temperaturi prea ridicate a mediului. (Aci are importanță și specificul homeostaziei termice a organismului, care este rezultatul unei adaptări de lungă durată).

Temperatura substanțelor-stimul are o influență și mai directă asupra funcției discriminative a sensibilității gustative. Hahn și Günther (1932), folosindu-se de aparatul inventat de ei — gustometrul — au supus problema unei cercetări sistematice. Ei au stabilit că temperatura soluțiilor influențează în mod diferit asupra fiecăreia din cele patru calități de bază ale recepției gustative. Dar nu toți stimulii care provoacă același tip de senzații își modifică în același fel acțiunea lor. Sensibilitatea față de anumite substanțe dulci poate crește odată cu creșterea temperaturii acestora, dar începe să scadă de îndată ce temperatura depășește limita de 37°C. La 50°C senzația de dulce dispare cu totul. Pentru sărat, temperatura optimă este mai joasă: 18°C, iar substanțele amare dau efect maxim la temperatura de aproximativ 10°C. La 0°C toate senzațiile gustative slăbesc considerabil sau dispar cu totul. Rezultă, așadar, că putem vorbi de o temperatură optimă, la care acțiunea substanțelor gustative este cea mai eficientă în raport cu gustul de bază pe care-l provoacă. În aceeași măsură, se poate vorbi și de existența temperaturilor extreme 0° și 50°C la care senzația gustativă de orice fel se anulează. Desigur, efectul modificării temperaturii asupra nivelului sensibilității depinde și de natura (structura) substanței.

Un al doilea factor obiectiv de care depinde starea sensibilității gustative este *lumina*. Șederea timp îndelungat la întuneric (20—24 ore) duce la scăderea sensibilității gustative. Lumina diurnă optimă (cînd cerul este senin) determină o ușoară creștere a ei (Fadeeva).

Insuficiența oxigenului reprezintă de asemenea un factor care poate influența asupra sensibilității gustative. Urcarea la altitudini mari (pînă la 5000 m) atrage după sine scăderea sensibilității pentru dulce și oscilații fazice ale sensibilității pentru acru, amar și sărat (în primul moment crește, apoi scade sub nivelul inițial), (Timofeev, 1935; Solovei, 1939).

Factori de ordin psihofiziologic. Întrucît recepția gustativă îndeplinește o funcție regulatoare importantă în procesele metabolice, nivelul ei se va modifica sub influența modificării dinamicii trebuinței de hrană a organismului și de preferințele pentru un anumit fel de alimente. Inițial, apariția senzației de foame determină o creștere generală a acuității gustative. Dacă trebuința nu este satisfăcută, o dată cu slăbirea senzației de foame se produce și modificarea divergentă a sensibilității gustative: scade sensibilitatea pentru dulce și sărat și crește sensibilitatea pentru amar (se instalează o stare subiectivă, care are ca element component distinctiv o tonalitate de amar). Alimentele care conțin substanțe de care organismul are nevoie preponderentă

sau în legătură cu care subiectul şi-a format un montaj anticipativ pozitiv par deosebit de gustoase. Dimpotrivă, ingerarea unor substanţe de care organismul este saturat sau faţă de care subiectul şi-a format un montaj anticipativ negativ par negustoase şi în raport cu ele pragul sensibilităţii specifice este ridicat. În configurarea individualităţii senzaţiilor gustative o importanţă deosebită o are tonul emoţional-afectiv. De aceea, acuitatea sensibilităţii pentru diferitele substanţe va depinde şi de experienţa perceptivă şi emoţional-afectivă anterioară a subiectului.

Modificările care au loc în compoziţia sîngelui şi în alte medii lichide ale corpului, sub influenţa diverşilor agenţi chimici, se răsfrîng şi asupra sensibilităţii gustative. Hartridge (1945) a stabilit că injectarea intravenoasă a unor narcotice, după o anumită perioadă de latenţă, care depinde de ritmul circulaţiei, determină creşterea ei.

Reducerea cantităţii (sau proporţiilor) diferitelor substanţe din organism (ex. a clorurii de sodiu) poate determina scăderea pragurilor senzoriale în raport cu ele. Mayer-Gross şi Walker (1946) au reuşit să arate experimental că hipoglicemia cauzată de injectarea unei doze de insulină determină o scădere notabilă a sensibilităţii pentru zahăr.

În stare de hipoglicemie, subiecţii preferă soluţia de zaharoză în concentraţie de 30%, în vreme ce în stare normală o resping părîndu-li-se excesiv de dulce.

Graviditatea la femei determină o scădere a sensibilităţii faţă de clorura de sodiu şi acizi (Hansen şi Langer, 1935).

Nivelul sensibilităţii gustative, ca şi al celorlalte modalităţi, este influenţat pozitiv de factorul „învăţării". Astfel se poate spune că sensibilitatea gustativă este funcţie de activitatea profesională. Observaţiile arată că cei ce lucrează în anumite secţii ale industriei alimentare (aşa-zişii degustători) posedă o sensibilitate gustativă mult superioară mediei comune.

În sfîrşit, nivelul general al sensibilităţii gustative suferă serioase modificări în diferitele maladii ale organismului. Influenţa cea mai mare o exercită procesele tuberculoase. Datele unor autori (Haritonov, Rappaport şi Filatov, 1939; Bernstein, 1940; Bronstein, 1950 ş.a.) atestă că T.B.C.-ul pulmonar, al căilor respiratorii superioare şi al limbii, duce în toate cazurile, fără excepţie, la tulburarea sensibilităţii gustative: în fazele incipiente ale bolii se înregistrează o creştere, apoi se produc denaturări de diferite genuri, după care curba coboară considerabil. Diabetul determină scăderea sensibilităţii pentru dulce. Procesele infecţioase (ex. stările gripale) provoacă denaturări ale calităţilor senzaţiilor. O serie de boli ale sistemului nervos (traumatisme, tumori,

epilepsie, paralizie progresivă, isterie, neurastenie) provoacă scăderea sensibilităţii gustative sau duc la apariţia în sfera ei a unor fenomene paradoxale.

Adaptarea. Dacă prelungim acţiunea stimulului mai mult decît este necesar pentru provocarea senzaţiei, vom constata că sensibilitatea gustativă faţă de el începe să scadă treptat. Corespunzător, are loc şi scăderea intensităţii senzaţiei, care poate ajunge chiar la dispariţia totală (substanţa devenind pur şi simplu insipidă). Astfel, ţinînd limba în stare imobilă şi acţionînd asupra ei cu o bucată de zahăr, vom avea senzaţia de dulce numai cîtva timp. În locul ei, rămîne apoi o senzaţie de atingere sau presiune ca de la un obiect oarecare. Aceasta determină în mod reflex reacţia de a deplasa stimulul în altă porţiune a limbii sau executarea unor mişcări masticatorii pentru restabilirea senzaţiei gustative dispărute. Aceste modificări ale sensibilităţii sînt rezultatul legii psihofiziologice a *adaptării*. În clasificarea dată de Adrian, gustul figurează printre modalităţile senzoriale rapid adaptabile. Aceasta înseamnă că procesul de scădere (tocire) a sensibilităţii iniţiale începe la foarte scurt timp de la declanşarea excitaţiei şi se desfăşoară într-un ritm accelerat. După gradul pînă la care ajunge, adaptarea gustativă poate fi totală (Abrahams, Krakauer şi Dallenbach, 1937; Krakauer şi Dallenbach, 1937; Bronstein, 1950) sau parţială (Mayer, 1927; Hahn, 1934).

Folosindu-se metoda gustometrică, se poate cerceta adaptarea diferitelor porţiuni ale limbii şi chiar a diferitelor papile gustative. Pe baza datelor experimentale existente se pot desprinde cîteva trăsături legice generale ale procesului.

1. Adaptarea gustativă este proporţională cu intensitatea (sau forţa de acţiune) a stimulului. Curba adaptării nu este însă întotdeauna la fel.

2. Viteza adaptării diferă în cadrul celor patru submodalităţi de bază ale sensibilităţii. Cel mai rapid ea se realizează în raport cu substanţele dulci şi sărate.

3. Fenomenul adaptării gustative nu generalizează sau generalizează foarte puţin. Adică, sensibilitatea scade numai în raport cu categoria de stimuli aplicaţi şi se păstrează la un nivel relativ optim sau chiar creşte pentru stimulii din celelalte categorii.

Prin urmare, se poate vorbi de un caracter selectiv al adaptării gustative. Selectivitatea se manifestă chiar în raport cu o aceeaşi categorie de stimuli care provoacă aceeaşi senzaţie. De exemplu, adaptarea care se realizează în raport cu una din sărurile care provoacă senzaţia speci-

fică de sărat nu afectează pragurile pentru celelalte săruri (Hahn, Kuckulies şi Bissar, 1940). Acest lucru nu este însă valabil pentru grupa acizilor. Aci adaptarea în raport cu o anumită substanţă duce la creşterea pragurilor şi faţă de celelalte.

Fenomenul adaptării trebuie luat în consideraţie în industria alimentară şi în practica culinară. În general, alimentele, pentru a fi recepţionate şi ingerate în mod optim, trebuie să aibă proprietatea de a provoca senzaţii gustative clare şi active. Aceasta se obţine printr-o anumită proporţionare, în compoziţia lor, a celor patru gusturi de bază. De asemenea, pentru ca un meniu să devină integral agreabil şi asimilabil, el trebuie să cuprindă, într-o anumită succesiune, feluri cu proprietăţi gustative diferite.

În explicarea fenomenului adaptării gustative nu există o părere unitară. Majoritatea autorilor acordă însă un rol principal proceselor biochimice care se produc la periferie, în receptor. Astfel, potrivit ipotezei lui Backman, adaptarea ar fi efectul nivelării concentraţiei substanţei specifice din interiorul celulei senzitive şi din mediul lichid care o înconjoară. Această nivelare întrerupe procesul difuziei şi, implicit, opreşte excitaţia. În prezent, există tendinţa de a lega adaptarea de mecanismele inhibiţiei locale, care apare ca urmare a sumării excitaţiei şi scăderii capacităţii rezolutive a sistemului.

Prin urmare, adaptarea se consideră fenomen psihofiziologic complex, cu integrare centrală. De participarea factorilor centrali vorbesc procesele condiţionării şi influenţa montajelor perceptive de tip anticipativ (un rol deosebit de important îl are aici componenta emoţional-afectivă).

Adaptarea este urmată de procesul invers de restabilire a sensibilităţii („dezadaptarea"). Durata acestui proces depinde de profunzimea adaptării şi de submodalitatea supusă adaptării. În general cel mai repede se restabileşte sensibilitatea pentru sărat — după 14—16 sec., iar cel mai încet — sensibilitatea pentru amar, după 47—50 sec. În raport cu substanţele la care s-a produs o adaptare indirect (în urma acţiunii asupra aparatului gustativ a altor substanţe) sensibilitatea specifică se restabileşte mai repede. Aceasta înseamnă că adaptarea cea mai profundă se realizează faţă de stimulul actual (activ), ca şi în cazul altor modalităţi.

Sensibilizarea aparatului gustativ. În laboratoarele lui Lazarev (1935—1938) a fost pus în evidenţă faptul că testările repetate, la unul şi acelaşi subiect, cu o anumită substanţă gustativă, duc la scăderea pragurilor. Fenomenul a fost denumit sensibilizare gustativă.

Experimentul se verifică în felul următor: se ia o substanță specifică (sapidă) și se determină concentrația ei liminală. Apoi, în decurs de 40—60 de minute, aparatul gustativ al subiectului este supus unor stimulări succesive, aplicate la intervale de 2—3 minute. Sensibilitatea înregistrează o creștere simțitoare care face ca concentrații ale aceleiași substanțe, inițial subliminale, să devină perceptibile. Sensibilizarea poate determina o optimizare a recepției gustative între 30 și 110%. (Barîșeva, 1935).

Sensibilizarea unui tip de receptori exercită influență (pozitivă sau negativă) și asupra stării funcționale a altor tipuri. Astfel, se poate afirma că sensibilizarea pentru amar determină concomitent ascuțirea sensibilității pentru dulce și viceversa.

Sensibilizarea gustativă nu trebuie însă redusă doar la aceste deplasări, determinate pe cale artificială. Ea se realizează în limite și mai mari în condițiile activității practice. Exersarea sistematică în raport cu anumite substanțe duce la o creștere stabilă a acuității gustative.

Pentru înțelegerea fenomenului sensibilizării trebuie să apelăm la două categorii de factori: fiziologici și psihologici. Primii țin de modificările biochimice care se produc în starea de excitabilitate a receptorilor (și a întregului sistem aferent) sub influența unui stimul de intensitate foarte slabă. Cei din urmă se referă la așa-numita atenție de așteptare, care se manifestă pe scară largă în procesul general al percepției dirijate. Datorită ei, se produce o delimitare mai precisă a zonei explorării și o creștere a „probabilității de detectare".

Contrastul. Contrastul, după cum am văzut, este un fenomen general în cadrul procesului recepției senzoriale. El este prezent și în sfera sensibilității gustative, deși nu atinge dimensiuni atît de mari ca în sensibilitatea vizuală. Cel simultan este mai greu de surprins. Probabil el se produce atunci cînd acționăm cu substanțe comestibile mixte. Atunci cînd acționăm asupra unei jumătăți a limbii cu o substanță de un anumit gen (de exemplu, cu un acid) iar asupra jumătății simetrice cu o substanță de alt gen (de exemplu, cu o soluție de chinină) apare alternanța senzațiilor gustative: cînd acru, cînd amar, similar cu lupta cîmpurilor vizuale. În acest caz, ambele tipuri de senzații se accentuează reciproc (efect al contrastului). Allen și Weinberg au arătat că după badijonarea jumătății stîngi a limbii cu 1,5% soluție de acid acetic, sensibilitatea jumătății drepte crește în raport cu toate substanțele gustative. Un efect similar se înregistrează dacă aplicăm pe jumătatea stîngă o soluție de 20% NaCl. Dacă se aplică soluție de

chinină sulfurică, în concentrația de 0,125%, se produce o scădere a sensibilității față de toate cele 4 substanțe gustative de bază.

Mult mai precis este determinat contrastul succesiv. Datorită inerției funcționale ridicate care caracterizează sistemul gustativ, efectul postacțiunii (de urmă) este pregnant exprimat în timp. De aceea, aplicarea unei stimulări de un anumit gen la un interval relativ scurt după stimularea anterioară de alt gen duce la o modificare a intensității iar, uneori, și a calității senzației actuale. În acest sens, pot fi date numeroase exemple chiar din percepția cotidiană. Astfel, după ținerea în gură (cîteva zeci de secunde), a unei soluții de NaCl, apa distilată va fi percepută ca avînd gust dulceag. La rîndul lor, substanțele dulci determină creșterea simțitoare a sensibilității față de substanțele acre (acide). (Exemplu: după dulciuri, vinul ne pare mult mai acru decît înainte). Raporturi de contrast se stabilesc și între așa-numitele gusturi mixte: de pildă, vinul sec ascute gustul pentru brînză.

Intensitatea contrastului gustativ și durata lui depind de concentrația substanțelor-stimul: inductoare și indusă. El are condiții optime de exprimare cînd concentrațiile celor două substanțe nu sînt egale: pentru a obține o intensitate maximă este necesar ca cele două concentrații să fie luate din registrul mediu, iar concentrațiile substanței inductoare să fie ceva mai mari decît cea a substanței induse.

Amestecul în sfera recepției gustative. Cel mai pregnant acest fenomen îl înregistrăm în recepția culorilor. În sfera gustului, el apare oarecum denaturat, într-o altă formă, cel mai adesea în forma mascării. Dacă la o soluție slabă de NaCl adăugăm o anumită doză de chinină sau de altă substanță amară, senzația de amar reprimă complet senzația de sărat. Într-un asemenea amestec este aproape imposibil de relevat senzația de sărat. Dacă sporim concentrația salină, senzația de sărat începe treptat să-și capete individualitate, dar fără a anula senzația de amar. Se ajunge astfel ca la acțiunea unei soluții de amestec să avem în același timp două senzații distincte. Aceasta ilustrează o capacitate deosebită a analizatorului gustativ și anume aceea de a disocia și de a diferenția individual componentele stimulului complex simultan. (Din acest punct de vedere el este analog cu cel auditiv).

Totodată, putem consemna și cazuri cînd două senzații gustative diferite fuzionează într-un tot, dînd naștere la o a treia senzație calitativ deosebită. Pe această cale, se obțin așa-numitele senzații complexe sau asociative. De exemplu, senzația de acru poate fuziona cu o senzație de dulce dînd o senzație de dulce-acrișor cu individualitate aparte. În

mod similar, o senzaţie de acru poate fuziona cu una de sărat, generînd o senzaţie intermediară nouă de acru-sărat (ex. gustul castraveţilor muraţi). Mai greu se produce fuziunea între dulce şi amar. Totuşi nu este exclusă. Dovadă: senzaţia pe care ne-o provoacă ciocolata. Imposibilă pare a fi fuziunea dintre amar şi acru, iar cea între amar şi sărat foarte greu realizabilă. Senzaţia pe care o provoacă un asemenea amestec are o puternică notă afectivă de neplăcut.

Se poate deci afirma că posibilitatea şi gradul de fuzionare în sfera senzaţiilor gustative depind de calitatea şi concentraţia substanţelor amestecate.

În general, senzaţiile mixte (complexe) conţin o serie de ,,obertonuri'' subiective care le conferă un timbru specific. Acestea joacă un rol important în modelarea şi stabilizarea coloritului emoţional-afectiv al diferitelor gusturi şi în elaborarea preferinţelor sau repulsiilor îndeosebi faţă de substanţele comestibile.

În procesul stimulării simultane a aparatului gustativ, pe lîngă cele două fenomene menţionate mai sus — alternanţa şi fuziunea — se mai poate înregistra încă unul — *compensaţia*. Aceasta se produce atunci cînd cele două substanţe-stimul, de gust diferit, nu intră în reacţii chimice una cu cealaltă, efectul acţiunii lor în plan subiectiv, anulîndu-se reciproc.

Compensaţia în sfera recepţiei gustative nu se realizează întotdeauna în formă absolută şi nu se extinde asupra tuturor gusturilor de bază. De pildă, ea nu se produce aproape de loc în raport cu substanţele care posedă gust amar. Mai frecvent, fenomenul se realizează în cadrul celorlalte gusturi — dulce, sărat, acru — dacă soluţiile corespunzătoare introduse în gură se află în anumite raporturi de concentraţie. (Exemplu: introducînd simultan în gură 0,02 n soluţie de NaCl şi 0,00015 n soluţie de HCl, nu se va produce nici un fel de senzaţie gustativă.)

Compensaţia nu se manifestă însă numai în forma anulării reciproce a senzaţiilor. O latură tot atît de importantă a ei este şi reproducerea gustului unei sau unor substanţe prin amestecul altora.

Experienţele întreprinse în acest sens au arătat că gradul de realizare a efectului are un caracter strict individual. Condiţiile obiective fiind egale, rolul principal în determinarea calităţii senzaţiei amestecului revine ,,pragului egalităţii subiective'', care la diferiţi indivizi ia valori diferite. Aceasta face în general dificilă cercetarea problemei ca atare (Skramlik, 1946).

6

Influența excitării aparatului gustativ asupra stării funcționale a organismului

Sistemul gustativ, nu numai că suferă influența modificărilor care se produc în cadrul celorlalte sisteme și organe, ci, la rîndul lui, prin impulsurile specifice, exercită o puternică acțiune asupra stării întregului organism. Se pare că nu există sistem din structura organismului care să rămînă absolut indiferent la excitarea analizatorului gustativ. În funcție de natura substanței-stimul, se produc modificări cu sens diferit. Astfel, acțiunea acizilor determină micșorarea volumului membrelor, creșterea volumului creierului, scăderea temperaturii pielii, accelerarea pulsului, creșterea presiunii sanguine etc. Acțiunea substanțelor dulci are, în cea mai mare parte, efecte de sens opus: „dilatarea" sistemului muscular (creșterea volumului membrelor), micșorarea volumului creierului, creșterea temperaturii pielii. Substanțele amare au efecte similare cu acizii (Istamanov, 1885; Lazarev, 1935; Hartridge, 1945; Beidler, 1960; Zotterman, 1962). Cercetările efectuate în laboratoarele lui Orbeli (1957) au demonstrat posibilitatea condiționării modificărilor respective. Cel mai pregnant condiționarea își exercită influența prin intermediul experienței anterioare, evocată în procesul percepției curente.

Dar în afară de modificări pur fiziologice, excitarea specifică a analizatorului gustativ determină serioase mutații în fondul subiectiv — în structura și calitatea dispoziției generale.

Stările emoționale care apar sub influența acțiunii diferitelor substanțe gustative le putem împărți în două mari categorii: plăcute (agreabile) și neplăcute (dezagreabile). Semnul stării afective depinde de intensitatea și calitatea substanțelor. Intensitățile foarte puternice provoacă senzații gustative cu ton afectiv dezagreabil. Cel mai bine acest fapt se evidențiază în cazul substanțelor amare și sărate.

Calitatea substanței își spune cuvîntul îndeosebi în cazul amestecurilor. După cum am menționat mai sus, în cazul unui amestec între amar și sărat, dacă fuziunea senzațiilor este posibilă, subiectul va încerca o stare afectivă foarte neplăcută. La acești doi factori de ordin obiectiv trebuie adăugați factorii de ordin psihofiziologic intern: gradul de saturație a organismului în raport cu substanța dată, starea funcțională a unor organe, „constantele" experienței perceptive anterioare.

Senzațiile gustative cu semn emoțional pozitiv au o influență tonică asupra dispoziției, generînd o stare de satisfacție; dimpotrivă, cele care posedă o notă de neplăcut au efect depresiv, generînd o stare de insatisfacție, care poate fi însoțită de reacții vegetative de apărare.

7
Teorii asupra recepției gustative

Pentru explicarea proceselor care au loc la periferie în timpul acțiunii excitantului au fost emise două ipoteze principale: una aparține lui Renqvist (1919), iar cealaltă lui Lazarev (1922). Ambele se întemeiază pe date și cercetări experimentale riguroase. În apariția excitației ambele acordă un rol important ionilor. Este lucru cert stabilit că dacă concentrația ionilor necesari pentru funcționarea celulei scade sub o anumită limită, senzația gustativă specifică nu se produce. (Dispare chiar excitabilitatea țesutului.)

Dar în vreme ce ipoteza lui Renqvist pune apariția excitației pe seama unor procese fizice (absorbția substanței gustative de către suprafața celulei senzitive), cea a lui Lazarev invocă pentru aceasta procesele de ordin chimic. Lazarev, admițînd existența a patru tipuri de papile gustative diferențiate (de dulce, sărat, acru și amar), consideră că fiecare din ele conține substanțe înalt sensibile (aidoma purpurului vizual) care se descompune sub influența stimulilor specifici. Ca urmare, iau naștere produse ionizate ale descompunerii. Substanțele din papilele de diferite tipuri se descompun și sub influența excitanților specifici pentru alte papile. Această proprietate a lor determină nuanțele senzațiilor. Concomitent cu descompunerea substanțelor înalt-sensibile (care, după Lazarev, sînt de natură albuminoidă) are loc și procesul de sinteză a lor. Dinamica proceselor descompunerii și sintezei acestor substanțe depinde de intensitatea și durata de acțiune a stimulului. Expresia nemijlocită a raportului dintre descompunere și sinteză este adaptarea.

Renqvist pornește de la analiza particularităților structurale ale papilelor gustative. După el, în toate papilele, purtătorii direcți ai sensibilității sînt mugurii gustativi, în interiorul cărora se găsește un lichid care îndeplinește funcția de ,,tampon''. Terminațiile celulelor senzitive sînt scăldate de acest lichid. De aceea, substanțele-stimul nu pot acționa direct asupra celulelor gustative. În prealabil,

ele trebuie să se impregneze cu lichidul din cavitatea papilelor. Impregnarea se poate realiza datorită difuziei. Procesul este accelerat de mișcările limbii. Se admite apoi posibilitatea că în cursul mișcărilor limbii și îndeosebi prin apăsarea ei pe vălul palatin, lichidul din papile iese în afară, în cavitatea bucală, se amestecă cu soluția substanței-stimul și în această stare se resoarbe din nou de către papile. Cu alte cuvinte, se consideră că sistemul gustativ este *heterogen*. În cadrul lui se poate desprinde veriga care constă cu precădere din coloizii protoplasmei celulelor și terminațiile nervoase ale celulelor gustative și veriga lichidă, care conține substanțele dizolvate în stare moleculară sau disociată și numai, o infimă cantitate de coloizi. După cum se știe, în sistemele heterogene pot avea loc procese chimice, mecanice, termice și electrice și se poate modifica încărcătura energetică a suprafețelor. Se întreabă, însă, care din aceste categorii de procese este hotărîtoare în excitarea receptorilor gustativi. Renqvist și cei care împărtășesc ipoteza lui, contestă că acest rol ar reveni proceselor chimice. Ca argument se aduce discordanța dintre relativ înceata reversibilitate ce caracterizează procesele chimice și rapida restabilire a sensibilității gustative după stimulare. Se invocă apoi nepotrivirea dintre activismul chimic al substanțelor și „saturația" senzațiilor gustative pe care le provoacă: substanțe puțin active din punct de vedere chimic pot provoca senzații pregnant exprimate, iar substanțe foarte active chimic (astfel că în concentrații mari vătămează receptorul) nu provoacă senzații gustative clare.

De aceea, atenția se îndreaptă asupra proceselor mecanice (fizice) și electrice. Acestea asigură fenomenul absorbției. Încărcătura particulelor absolute influențează asupra diferenței potențialelor dintre suprafețele care se ating. La rîndul său sarcina suprafeței influențează asupra amplitudinii întinderii suprafeței și, prin urmare, asupra procesului de absorbție. Importanța procesului absorbției în apariția excitației se dovedește prin: a) legătura dintre apariția senzațiilor gustative liminale și rapiditatea absorbției anumitor cantități de substanțe gustative; b) stabilirea corelației duratei senzațiilor gustative cu indicatorul absorbției.

Legătura senzației liminale cu absorbția a fost demonstrată prin raportarea vitezei de absorbție a substanțelor gustative la concentrațiile lor liminale conform ecuației:

$\frac{dx}{tx} = K(x\alpha - x)$, unde $x\alpha$ corespunde masei limită a substanței absorbite în decursul unui interval de timp dat t, iar k — constantei vitezei de absorbție, proporționale coeficientului de

difuzie. Din relaţia de mai sus rezultă că viteza absorbţiei este mai mare cînd diferenţa $x\alpha - x$ este mai mare şi se micşorează treptat, pe măsura nivelării acestei diferenţe. Transformînd ecuaţia respectivă, Renqvist a demonstrat că produsul $D\alpha \cdot Cr^{1/n}$ trebuie să fie acelaşi pentru toate substanţele absorbite. Aici D corespunde vitezei de difuzie a substanţei date, α — coeficientului absorbţiei, care este direct proporţional cu coeficientul de întindere a suprafeţei sistemului, $\frac{1}{n}$ este o constantă, iar Cr — concentraţia liminală a soluţiei normale de substanţă, care poate fi determinată pe cale experimentală sau calculată pe baza formulei.

În cercetările efectuate cu substanţe neelectrolitice (zaharuri) şi electrolitice (săruri neutre) s-a găsit că, în general, $D\alpha$ Cr este constant (el oscilează între 0,0059 pentru $NaNO_3$ şi 0,0100 — pentru KCl). În ceea ce priveşte corelaţia dintre durata senzaţiilor şi indicatorul absorbţiei se pot spune următoarele. Excitarea mugurilor se face prin difuzie. Procesul difuziei este însoţit de apariţia potenţialelor difuzionale. Întrucît lungimea porilor este mică, procesul difuziei are o durată relativ scurtă. În consecinţă, va fi scurtă şi durata existenţei potenţialelor. Dar stabilirea echilibrului în sistem (între soluţia electrolitului şi lichidul intracelular) încă nu determină dispariţia cîmpului electric. Suprafaţa celulelor care se găsesc în soluţia electrolitului poate fi considerată ca membrană cu permeabilitate inegală pentru diferiţii ioni. Datorită acestui fapt, concentraţia ionică nu poate fi egală de ambele părţi ale membranei, ceea ce iarăşi constituie o cauză a formării diferenţei de potenţial între protoplasma celulei şi mediul înconjurător. Amplitudinea potenţialelor este determinată de permeabilitatea membranei pentru diferiţi ioni şi de viteza mişcării acestora. Cînd diferenţa respectivă de potenţial atinge o anumită limită ia naştere procesul excitaţiei.

Dacă cationii substanţei se mişcă mai repede decît anionii, suprafaţa internă a membranei devine pozitivă; dacă, dimpotrivă, anionii se deplasează mai repede decît cationii, ea devine negativă în raport cu suprafaţa exterioară.

Renqvist a stabilit o legătură între viteza deplasării ambelor genuri de ioni şi apariţia diferitelor tipuri de senzaţii gustative. Astfel: soluţiile în care viteza de mişcare a ionilor este aproximativ aceeaşi — KCl, KBr, $KClO_3$, $KClO_4$ ş.a. sînt lipsite de gust sau au gust amar; soluţiile în care viteza de mişcare a cationilor este mai mică decît cea a anionilor — NaCl, NaBr, NaI — posedă gust sărat; cînd diferenţa de viteză este foarte mare, ca în LiCl, LiBr, LiJ soluţiile dobîndesc gust dulce; soluţiile în care cationii se deplasează foarte încet, iar anionii

repede — KOH, NaOH — sînt şi mai dulci; în sfîrşit, acele soluţii în care viteza cationilor este mai mare, iar cea a anionilor mai mică, au gust acrişor.

Aşadar, Renqvist, fără a nega posibilitatea influenţei chimice a substanţelor dizolvate asupra protoplasmei celulelor gustative şi terminaţiilor nervoase, atribuie rolul principal în apariţia senzaţiei absorbţiei şi formării diferenţei de potenţial între protoplasma celulelor şi mediul înconjurător. Ambele fenomene se desfăşoară simultan. Senzaţiile de amar ar fi determinate cu precădere de procesele absorbţiei, iar cele de acru — de mişcarea ionilor. Aceasta explică de ce gustul substanţelor amare nu poate fi compensat de substanţele care posedă alt gust.

După cum am subliniat deja mai sus, nici una din aceste două ipoteze nu explică exhaustiv fenomenele care au loc în sfera recepţiei gustative. Principala latură slabă a lor rezidă în aceea că se limitează doar la analiza proceselor periferice. Or, teoria generală nu poate fi elaborată fără a lua în consideraţie sistemul aferent specific în ansamblul lui. La ora actuală datele experimentale sînt însă insuficiente pentru a permite o generalizare întemeiată.

Dar nici în ceea ce priveşte procesele periferice, ipotezele analizate nu pot explica adevăratul mecanism al excitaţiei. În prezent se impune tot mai puternic ideea că, în general, la baza procesului excitaţiei în sfera sistemelor aferente stau procese de ordin biochimic specifice. De aceea elucidarea pînă la capăt a mecanismelor recepţiei gustative este foarte mult condiţionată de succesele cercetărilor biochimice, care, deocamdată, se găsesc de-abia în stadiul incipient (Zotterman; 1964).

Unii autori (Hahn, Kuckulies şi Bissar, 1940; Hartridge, 1958; Beidler, 1961) propun adoptarea unei teorii mixte fizico-chimice. Alţii (Pfaffmann, 1941; Zotterman, 1962) îndeamnă să se meargă pe linie morfofiziologică urmărindu-se identificarea cît mai precisă a unor tipuri distincte de receptori pentru diferitele submodalităţi de senzaţii gustative. Dar rezultatele obţinute pînă acum nu sînt suficient de concludente. Totuşi, premisa de la care s-a pornit conţine un important sîmbure raţional. Iar în prezent, cînd se dezvoltă tot mai mult tendinţa de a interpreta procesele recepţiei prin prisma teoriei generale a sistemelor dinamice complexe, ipoteza respectivă dobîndeşte o forţă nouă de atracţie. Singure cercetările experimentale vor putea rezolva problema în discuţie.

Un al doilea aspect de care se leagă teoria generală a recepţiei gustative este mai mult de ordin psihologic şi anume: explicarea gamei foarte întinse a nuanţelor de senzaţii gustative. S-a emis ipoteza celor patru componente. Potrivit ei, toate senzaţiile gustative pe care le poate

avea omul normal rezultă din combinația specifică a celor patru senzații primare (de bază): sărat, acru, dulce și amar. Mecanismul general care asigură această dinamică este amestecul. (Lui i se subsumează contrastul și compensația.)

Prin analogie cu sistemul vizual, sfera senzațiilor gustative se reprezintă printr-o figură geometrică — tetraedrul lui Henning (fig. 49). După cum se vede din figură, vîrfurile corespund componentelor de bază; fețele corespund senzațiilor care includ în sine două gusturi de bază (acru + dulce, amar + sărat etc.); senzațiile care includ trei componente (ex. acru + amar + sărat etc.) se vor eșalona de-a lungul muchiilor; în sfîrșit, senzațiile care cuprind toate cele patru componente se vor afla în interiorul tetraedrului. Această figură ne permite să apreciem și raporturile de pregnanță dintre elementele componente. Astfel, cu cît mai pregnant va fi exprimat un gust sau altul, cu atît punctul corespunzător senzației date se va apropia mai mult de unul din vîrfurile tetraedrului. Dimpotrivă, senzațiile gustative cu ponderi relativ egale ale componentelor de bază se vor plasa în zonele de mijloc între vîrfurile figurii.

Teoria celor patru componente nu este însă la adăpost de orice critică. Sfera ei este limitată de dificultățile realizării amestecului în cadrul recepției gustative. După cum am văzut, analizatorul gustativ posedă o capacitate de disociere relativ mare (mai mare decît cel vizual). Aceasta face ca amestecul diferitelor substanțe chimice să se producă numai cînd sînt date anumite condiții: raporturi corespunzătoare între concentrații, un anumit grad de apropiere (compatibilitate) a structurii chimice etc. Pe de altă parte, între anumite substanțe care provoacă senzații de bază, amestecul nu este, în general, realizabil. De aceea, pentru a explica existența unui registru atît de bogat de senzații gustative, pe lîngă amestec, trebuie probabil să apelăm și la

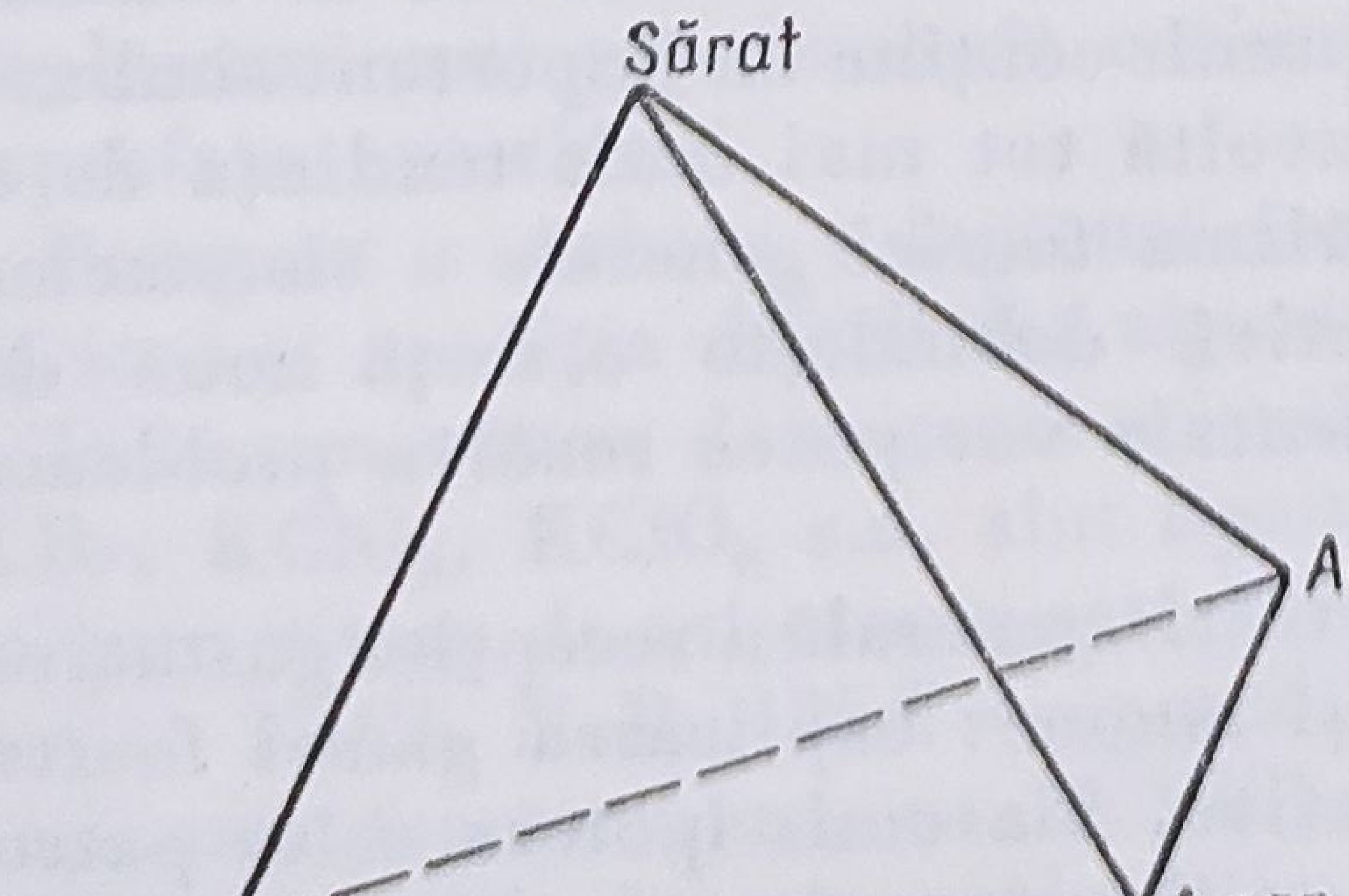


FIG. 49. TETRAEDRUL LUI HENNING

alte mecanisme. Cea mai importantă ni se pare a fi structura afectivă specifică care se încheagă în procesul recepției gustative curente și se păstrează într-o formă distinctă. Pe măsura constituirii, ea se include în recepția actuală cu rol instrumental: a) reglează sensibilitatea discriminatorie a sistemului gustativ (determinînd o creștere sau o scădere a pragurilor diferențiale) și b) modelează din punct de vedere al „saturației", „clarității" și „timbrului" efectul final al excitanților specifici. În felul acesta, latura afectivă apare fie ca liant, fie ca filtru și factor disociativ, ceea ce duce la fine diferențieri în registrul stărilor subiective însoțitoare.

X

SENSIBILITATEA OLFACTIVĂ

Cele spuse în introducere la recepția gustativă sînt valabile în mare și pentru recepția olfactivă. Aceste două modalități sînt atît de strîns legate funcțional, încît în procesul percepției obișnuite, excitarea uneia determină indirect și excitarea celeilalte. În senzațiile gustative se vor include într-o doză mai mare sau mai mică elemente de ordin olfactiv, și invers. Ca urmare, în aprecierea calitativă, de multe ori se produc substituiri reciproce: ca indicatori ai diferențierii senzațiilor gustative se iau însușiri care, în realitate, sînt determinate de excitarea aparatului olfactiv. De altfel, această interacțiune funcțională creează serioase dificultăți în cercetarea distinctă atît a sensibilității gustative, cît și a celei olfactive.

Înrudirea funcțională dintre aceste modalități este condiționată, pe de o parte, genetic — iar pe de altă parte de similitudinea excitanților specifici în raport cu care s-au diferențiat și specializat — proprietățile chimice ale substanțelor. În sfîrșit, la acestea am mai putea adăuga și similitudinea rolurilor pe care le îndeplinesc în ierarhia generală a funcțiilor organismului, influența exercitată asupra unor procese vegetative și asupra stărilor „dispoziției" subiective. Totuși, modalitățile respective se deosebesc suficient între ele, atît structural cît și după valoarea de semnalizare, pentru a le considera sisteme relativ independente.

Pe treptele inferioare ale evoluției, rolul biologic al olfacției este deosebit de mare. Senzațiile olfactive dețin în multe cazuri poziția de semnale (aferentație) dominante care reglează comportamentul de căutare și de selecție a hranei, de recunoaștere și „acceptare" a semenului de sex opus etc.

Multă vreme s-a considerat că la om mirosul îndeplinește un rol cu totul minor. Într-adevăr, din punct de vedere cognitiv, adică al capacității sale de reflectare a lumii externe, aparatul olfactiv al omului se situează cu mult în urma văzului, tactului și auzului. Cu toate acestea, valoarea lui este foarte mare în reglarea echilibrului psihofiziologic

al individului şi în acumularea unei experienţe afective de tip perceptiv. Fiind puternic colorate emoţional, senzaţiile olfactive exercită o influenţă considerabilă asupra bunei dispoziţii. Prin aceasta, indirect, ele influenţează asupra întregii dinamici a activităţii psihice: stimulează sau reprimă ritmul şi intensitatea diferitelor procese şi funcţii.

Deşi nu îndeplineşte un rol atît de activ în orientarea în mediu ca la animale, totuşi, la om, sensibilitatea olfactivă se prezintă la un nivel superior de organizare. Ca şi celelalte modalităţi senzoriale, datorită modului specific de existenţă al omului şi îndeosebi datorită condiţiilor şi influenţei activităţii practice, ea şi-a lărgit incomparabil mai mult decît la animale registrul de cuprindere a stimulilor specifici şi capacitatea de evaluare a lor. Pe de altă parte, ea îndeplineşte o funcţie de cunoaştere specifică. În caracterizarea sau definirea corpurilor şi substanţelor se includ, după cum se ştie, indicatori de ordin olfactiv. (Vezi îndeosebi caracterizarea acizilor, bazelor şi a altor substanţe chimice).

Psihofiziologia olfacţiei nu se găseşte la un asemenea nivel de dezvoltare, încît să ne poată oferi răspunsuri satisfăcătoare la toate problemele pe care le implică această modalitate senzorială. Faptele acumulate nu asigură posibilitatea unei generalizări teoretice exhaustive. De aceea, în multe puncte, vom opera nu cu teze şi afirmaţii certe, ci cu ipoteze.

1
Structura aparatului olfactiv

Cavitatea nazală se împarte printr-un perete în două jumătăţi. La rîndul său, fiecare jumătate este împărţită într-un ventricul şi 3 pasaje — inferior, mijlociu şi superior — separate prin cornete osoase. Cavitatea nazală comunică cu mediul extern aerian prin intermediul orificiilor narinice, iar cu cavitatea nasofaringiană prin două orificii mari denumite choane.

Receptorul. Receptorii olfactivi sînt situaţi pe o mică suprafaţă ($2,5\ cm^2$) a mucoasei nazale, în porţiunea care căptuşeşte canalele superioare şi peretele lateral al lamei despărţitoare. Privită la microscop, porţiunea sensibilă a epiteliului olfactiv ne dezvăluie celule bazale,

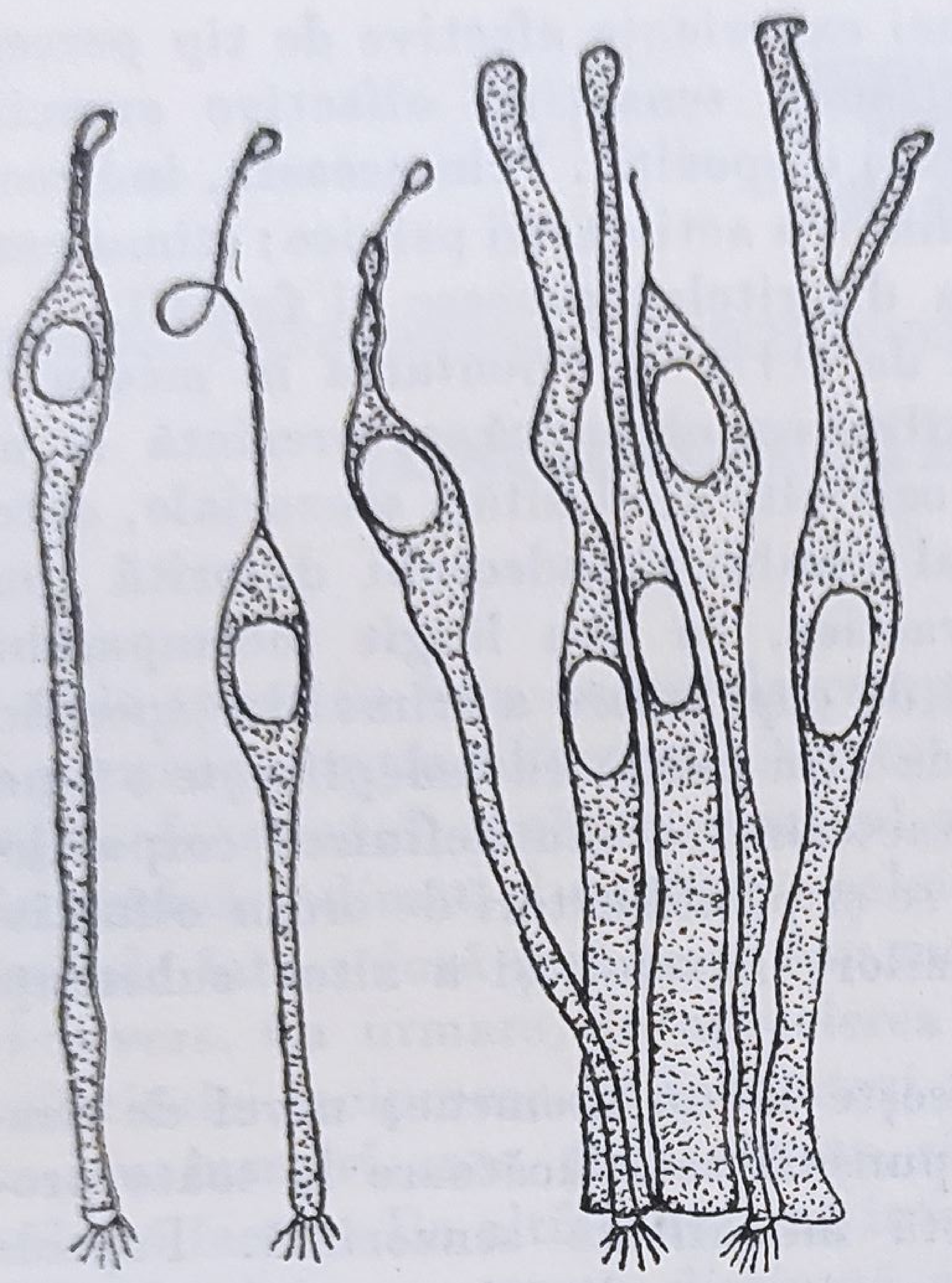


FIG. 50. CELULELE OLFACTIVE ȘI DE SUSȚINERE CARE FORMEAZĂ EPITELIUL OLFACTIV LA OM (DUPĂ PARKER)

de susținere, și celule olfactive propriu-zise care îndeplinesc funcția de recepție. Acestea din urmă au o formă alungită și posedă două prelungiri: una periferică și cealaltă centrală. Ramificația periferică ajunge pînă la suprafața mucoasei și se termină cu o dilatație în formă de cupă în care se găsesc mici cili; cea centrală este reprezentată printr-o fibră subțire. Fascicule de mai multe filete pătrund prin lama perforată a etmoidului în cavitatea craniană. Ele alcătuiesc nervul olfactiv. La ora actuală se consideră că celula olfactivă reprezintă primul neuron al căilor aferente. Prin urmare, rezultă că celulele olfactive îndeplinesc o funcție dublă: de recepție și de transmisie (conducere) (fig. 50).

Pătrunzînd în cavitatea craniană, fibrele nervului olfactiv se conectează cu celulele mitrale din bulbii olfactivi.

Axonii celulelor mitrale formează tractul olfactiv, care merge în centrii olfactivi superiori din trunchiul cerebral și scoarță.

Centrii recepției olfactive. Fibrele tractului olfactiv care pornesc de la nivelul bulbilor olfactivi, unde se găsește cel de al doilea neuron al căilor de conducere, merg la centrii olfactivi de ordinul al doilea. Dispoziția celulelor și axonilor în bulbii olfactivi asigură interacțiunea căilor de conducere și o serie de colaterale, ceea ce creează un inel închis

al impulsurilor reverberative. Prin această ,,conexiune inversă'' intrasistematică se explică înalta sensibilitate pe care o posedă aparatul olfactiv. Potrivit datelor fiziologiei clasice a organelor de simț, centrii superiori ai olfacției s-ar găsi în regiunea hippocampului și circumvoluțiunii cingulare. Cercetările lui Brodal (1947) au arătat însă că aceste două formațiuni nu sînt legate direct cu recepția olfactivă.

În favoarea acestei ipoteze pledează și experimentele electrofiziologice efectuate mai înainte de Rose și Woolsey (1943), Fox, Mc Kinley și Magoun (1944). Pe baza datelor lui Allen (1943) și Adrian (1942) s-a emis ipoteza potrivit căreia o legătură mult mai directă cu funcția olfacției decît hippocampul ar avea-o zona piriformă de la baza creierului. Problema rămîne însă deschisă.

2

Caracteristicile stimulilor olfactivi; mecanismul producerii excitației

Este unanim acceptată părerea că excitația olfactivă este provocată de acțiunea moleculelor substanțelor volatilizate. Întrucît acestea pot impresiona epiteliul sensibil numai dacă pătrund în cavitatea nazală, volatilizarea reprezintă o condiție necesară pentru ca substanța dată să fie recepționată pe calea mirosului. Ca și în sfera celorlalte modalități, în raport cu sensibilitatea olfactivă pot fi menționate două categorii de excitanți: specifici (adecvați) și nespecifici (improprii). Excitanții specifici îi formează substanțele odorifice propriu-zise, ai căror vapori stimulează nemijlocit celulele olfactive; în grupa celor nespecifici pot fi incluse substanțele chimice în sine inodore, dar care exercită o anumită acțiune asupra celulelor epiteliale (excită mai curînd terminațiile nervului trigemen, decît nervul olfactiv). Tot nespecific poate fi socotit și curentul electric, dar folosirea lui în studiul sensibilității olfactive este foarte dificilă, datorită poziției ,,ascunse'' a celulelor senzitive.

Efectul excitator al multor substanțe poate fi asigurat de un număr relativ mic de molecule. De pildă, moscul și cibetul au o slabă proprietate volatilă. Cu toate acestea, ele reprezintă doi dintre cei mai puternici excitanți olfactivi. Pentru anumite substanțe, însă, creșterea volatilizării duce la intensificarea excitației. Înseamnă că aci există o relație

direct proporţională între numărul de molecule şi mărimea efectului. În cazul altor substanţe (din seria homologilor) se constată creşterea intensităţii excitaţiei pe măsura trecerii de la structuri mai simple la structuri mai complexe. Astfel, metanul (CH_4) este inodor, pentanul (C_5H_{12}) are un miros indefinit, decanul ($C_{10}H_{22}$) se caracterizează printr-un puternic miros de gazolină (Moncrieff, 1946).

Este foarte dificil să se stabilească o corespondenţă univocă între structura chimică a substanţelor odorifice şi calitatea senzaţiilor pe care le provoacă ele. Printre altele, această dificultate este determinată şi de absenţa unor criterii riguroase de clasificare a mirosurilor. Apoi, chiar mirosurile unor substanțe asemănătoare pot fi uşor diferenţiate după nuanţă. Substanţele cu structură chimică foarte diferită pot provoca senzaţii olfactive apropiate, iar substanțe structural asemănătoare pot genera senzaţii mult diferite.

Aşadar, putem afirma că mirosul reprezintă o însuşire individuală a substanţelor chimice. Cu toate acestea, problema raportului dintre structura chimică a substanţelor şi calităţile lor odorifice are o mare importanţă. De rezolvarea ei va depinde, în ultimă instanţă, elaborarea teoriei generale asupra recepţiei olfactive, precum şi alcătuirea „reţetelor" de folosire adecvată a substanţelor mirositoare în industria parfumurilor, alimentară etc. Prin analogie cu substanţele gustative, substanţele odorifice pot fi împărţite în trei grupe:

a) grupa substanţelor cu structură asemănătoare şi miros asemănător;
b) grupa substanţelor cu structură asemănătoare şi miros diferit;
c) grupa substanţelor cu structură diferită, dar cu miros asemănător.

În prima grupă se includ: Cisizosofrolul cu transizosofrolul

α—naftaldehida şi β — naftaldehida, γ — lactona şi δ — lactona, γ — valerolactona şi δ — valerolactona

În grupa a doua includem: o serie de izomeri optici (ex. dl — dimetiloctanolul şi d — dimetiloctanolul), izomerii de poziţie (o — oxibenzaldehida posedă miros foarte plăcut, iar p-oxibenzaldehida este inodoră; p — metoxiacetofenonul este parfumat, iar m — izomerul este lipsit de miros; vanilia are un miros saturat, în vreme ce izovanilina este inodoră).

În sfîrşit, grupa „C" cuprinde asemenea substanţe precum: citralul şi alcoolul deltafenil-n-amilic (ambele posedînd miros de lămîie), acidul senilic, benzaldehida, nitrobenzolul şi benzonitrilul (toate cu miros de migdale amare).

Majoritatea substanţelor mirositoare sînt de natură organică şi constau, în esenţă, din oxigen, hidrogen, carbon şi azot. Uneori, în compoziţia

lor intră şi elemente aparţinînd grupei a 5-a din tabelul lui Mendeleev — P, As şi Bi, grupei a 6-a: S, Se, Te, şi grupei a 7-a: F, Cl, Br şi J. (Bronstein, I. 1950). În general, se poate afirma că elementele care alcătuiesc substanţele odorifice sînt electronegative; cele electropozitive dau combinaţii inodore.

Întrucît mirosul diferitelor substanţe chimice are un caracter individual, iar grupele osmoforice se întîlnesc în multe combinaţii, inclusiv în acelea care sînt inodore, devine clar că prezenţa acestor grupe, luată în sine, nu determină nici existenţa mirosului, nici caracterul lui. A apărut astfel ipoteza, potrivit căreia mirosul este condiţionat de acea structură chimică în care intră şi grupele osmogenilor (Mc Cord şi Whiteridge, 1949). Prin urmare, în ultima instanţă, excitaţia olfactivă este determinată de corelaţia dintre cele două grupe de bază — cea a osmoforilor şi cea a osmogenilor. Un osmogen tipic este nucleul benzolic; el generează multe substanţe aromatice. S-a dovedit că o mare influenţă asupra mirosului o are modul de structurare a substanţei (în lanţuri simple sau ramificate). Substanţele cu lanţuri ramificate posedă un miros mai puternic; hidrocarburile nesaturate dau senzaţii olfactive diferite de cele saturate. Hornbostel (1931) pune pe seama structurii substanţei nu numai modalitatea senzaţiei olfactive, dar şi luminozitatea (claritatea) ei. Astfel se desprinde luminozitatea ca un criteriu special de comparare şi clasificare a mirosurilor.

În producerea excitaţiei periferice un rol important îl joacă proprietăţile fizice ale substanţelor odorifice. Am menţionat deja proprietatea volatilizării. Aceasta reprezintă premisa fundamentală: pot fi recepţionate olfactiv numai substanţele care emană particule în aer. În afară de ea, intervin activ şi alte însuşiri, ca: *punctul de fierbere* (Elsberg — 1935 — a stabilit că între temperatura de fierbere a substanţelor odorifice şi coeficienţii care caracterizează sensibilitatea olfactivă există un raport direct proporţional); *presiunea parţială a vaporilor* (între ea şi intensitatea mirosului, în general, se găseşte un raport direct: multe lichide odorifice ai căror vapori au o presiune mare — eterul, cloroformul, kerasina — se caracterizează printr-un miros relativ puternic; dimpotrivă, lichidele ai căror vapori au o presiune scăzută — ulei de parafină, glicerina — posedă un miros slab. Corespondenţa dintre intensitatea mirosurilor şi presiunea vaporilor devine mai pregnantă în condiţiile temperaturilor joase); *solubilitatea*. (Dacă posibilitatea pătrunderii substanţelor odorifice în zona olfactivă este determinată de volatilitatea lor, pentru excitarea celulelor senzitive este necesar ca particulele volatilizate să posede proprietatea de a se dizolva în lichidul care scaldă epiteliul olfactiv şi în lipidele care intră în

compoziția protoplasmei celulelor. De pildă, elementele mijlocii ale multor serii chimice homologe, solubile în apă și în lipide, se caracterizează, în genere, prin miros puternic; elementele inferioare solubile în apă dar insolubile în lipide și cele superioare solubile în lipide, dar insolubile în apă fie că au un miros slab, fie că sînt cu totul inodore (metanolul și etanolul); *viteza difuziei* (întrucît vaporii substanțelor mirositoare pătrund din zona respiratorie a nasului în zona lui senzitivă, în mare parte, datorită difuziei, viteza acestui proces joacă un rol important în apariția senzațiilor olfactive. De regulă, cu cît viteza difuziei este mai mare, cu atît substanțele odorifice respective sînt mai active, au o perioadă de latență mai scurtă); *absorbabilitatea* (datorită ei, se produce creșterea concentrației substanței mirositoare ai căror vapori adesea, se găsesc în aer în cantități insignifiante. În general, substanțele odorifice se absorb ușor).

În mod obișnuit „transportul" particulelor substanței — stimul la receptorul olfactiv se asigură prin actul respirației pe nas. La fiecare „operație" de mirosire, tragem pe nas 25—30 cm^3 de aer, din care numai o mică parte ajunge în pasajul superior. Masa acestui aer micșorează, în genere, concentrația substanței. Iese astfel și mai mult în evidență rolul compensator al proprietăților enumerate mai sus și în primul rînd al vitezei difuziei și absorbției. Receptorii olfactivi sînt stimulați apoi și de vaporii care pătrund din cavitatea bucală în timpul expirației.

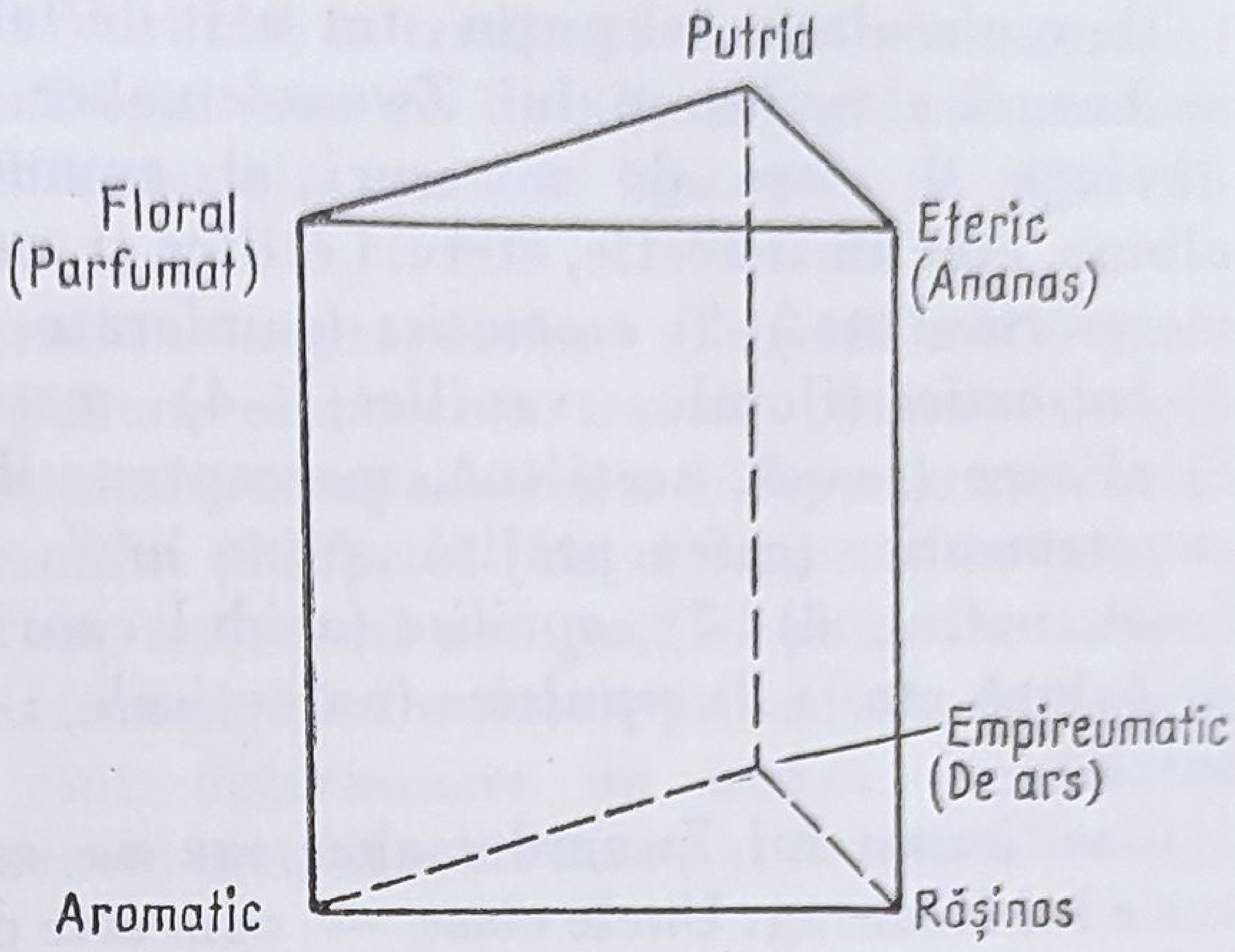
Datorită filamentelor care se găsesc într-o mare cantitate la extremitatea bastonașului olfactiv, celulele senzoriale posedă o mare afinitate pentru moleculele de substanțe mirositoare. De aceea, sînt suficiente cantități infime de substanță odorifică pentru a provoca excitația olfactivă.

Mucoasa nazală este inervată și de fibre care intră în componența nervului trigemen. Excitarea lor provoacă senzația de atingere, căldură, frig, durere, în funcție de particulatitățile stimulilor. Prin urmare, la senzațiile pur olfactive se pot adăuga senzații de altă modalitate.

3
Clasificarea mirosurilor

Deși foarte importantă pentru elaborarea teoriei generale, clasificarea mirosurilor este extrem de dificilă. Încercările repetate ale diferiților oameni de știință de a găsi criterii obiective, unanim acceptabile, nu

FIG. 51. PRISMA LUI HENNING



au dus la rezultatele scontate. Astfel că pînă astăzi continuă să rămînă în picioare criteriile de ordin psihologic. Una din clasificările cele mai larg răspîndite aparține lui Henning (1924) care a cercetat peste 400 de mirosuri. În unele experimente, subiecții aveau sarcina de a descrie și recunoaște mirosul, — în altele — ei trebuiau să dispună mirosurile în serie după asemănare. În final, Henning a ajuns la concluzia că există șase mirosuri de bază: de fructe, de flori, de smoală, aromatice, fetide și empireumatice. Raporturile dintre aceste mirosuri „de bază" au fost reprezentate grafic cu ajutorul unei prisme (fig. 51). Cele șase mirosuri sînt situate la vîrfurile prismei, iar cele derivate din interacțiunea lor ocupă poziții intermediare pe muchiile și fețele figurii. În esență, prisma lui Henning este construită pe principiul interacțiunii senzațiilor olfactive. Doar într-o foarte mică măsură, și anume în partea anterioară a prismei, se poate releva criteriul obiectiv al raporturilor de structură chimică dintre substanțe.

Cercetările ulterioare (Dimmick, 1927; Findley, 1924; Mac Donald, 1922; Hazzard, 1930) au arătat că deși scala lui Henning reflectă relațiile generale dintre mirosuri, ea este insuficient de exactă.

Puțin mai tîrziu, Crocker și Henderson (1927) au propus o altă schemă care cuprindea numai patru componente de bază: aromatic, acru, torefact și cadaveric, preconizînd analiza policantitativă a fiecărei componente. A fost elaborată o scală de unități convenționale de la 0 la 8, cu ajutorul căreia se apreciază intensitatea fiecăreicomponente. Fiecare element este cotat cu un număr de unități. În final, pentru substanțele odorifice se obține o valoare cantitativă constînd din 4 cifre, care-i caracterizează mirosul.

De o circulație cel puțin tot atît de largă ca și schema lui Henning se bucură clasificarea lui Zwaardemaker (varianta 1914). Acest autor distinge 9 clase de mirosuri și anume: 1) *eterice* (fructe, ceară de albine, eter amil-acetic, eteruri etilice și metilice, benzil-acetat, acetona, cloroformul etc.); 2) *aromatice* (camforate, anisonice, citrice, migdalate); 3) *balsamice* (florale, vanilice); 4) *moscoambroziace* (ambră, mosc); 5) aliacee (ceapă, acetilenă, mercaptan, ihtiol, șoricioaică, haloide); 6) *empireumatice* (cafea prăjită, pîine arsă, crezol, benzol, toluol, xilol, fenol, naftalină); 7) *caprilice* (acidul caprilic și omologii săi, mirosuri de brînză etc.); 8) *repulsive* (narcoticele); 9) *fetide* (putrefacție, indol, scatol).

Clasificarea lui Zwaardemaker are un caracter și mai arbitrar decît cea a lui Henning. Unele clase — cum este de pildă clasa moscoambroziacelor — nu-și justifică existența de sine stătătoare. Apoi, este întîmplătoare încadrarea unor substanțe particulare într-o clasă sau alta. Criteriul subiectiv după care s-a condus autorul prezintă variații individuale atît de mari, încît nu asigură nici o garanție pentru stabilirea sferei de cuprindere a claselor.

În general, toate schemele clasificării care s-au dat pînă în prezent nu au decît o valoare orientativă în cercetarea sensibilității olfactive. Căci, chiar atunci cînd se pornește de la un criteriu obiectiv riguros controlabil, așa cum a procedat Henning, pînă la urmă se alunecă în planul subiectiv. Iar aci nu se insistă atît asupra conținutului „obiectual" al senzației, cît mai ales asupra tonului emoțional-afectiv („plăcut" — „neplăcut") al ei. Dificultatea determinării unor componente de bază (așa cum s-a făcut pentru alte modalități: văz, gust), absența unei gradații sau treceri „continue" a unui miros în altul, anumite neconcordanțe care există între structura chimică a substanțelor și calitatea mirosurilor pe care le provoacă (vezi parag. 2), toate acestea fac ca problema calităților fundamentale ale senzațiilor olfactive și a clasificării lor să rămînă deschisă și controversată.

4

Dinamica sensibilității olfactive

Aparatul olfactiv este considerat înalt sensibil. El este capabil să înregistreze și să reacționeze în mod specific la concentrații extrem de mici ale substanței. Din toate formele sensibilității chimice, cea olfac-

tivă posedă acuitatea maximă. Vorbind în termenii teoriei concentrației moleculare, putem spune că mirosul este de 10 000 de ori mai sensibil decît gustul. Sensibilitatea diferențială nu este însă atît de ridicată.

Pragurile absolute. Determinarea pragurilor absolute are o mare importanță, pe de o parte, pentru elaborarea teoriei generale asupra olfacției, pe de alta pentru aprecierea comparativă a diferitelor substanțe din punctul de vedere al mirosului și „forței" de excitare. Din păcate, nu există însă un tablou unitar, universal acceptat al valorilor acestor praguri. Se constată mari discordanțe între datele prezentate de diferiți autori. Aceste discordanțe sînt determinate de marea dependență a mărimii pragurilor de procedeele metodice de lucru și de calitatea substanțelor folosite ca stimuli.

Așa de pildă, valorile pragurilor obținute de Passy (1892) pe baza metodei dizolvării substanțelor odorifice în spirt sînt cu aproximativ 150 de unități mai mari, decît cele obținute de Allison și Katz (1919), folosind odorimetrul, prevăzut cu un instrument de măsurat viteza curentului de aer inspirat.

Cantitatea de substanță mirositoare care pătrunde în nas este, totuși, destul de mare, cu toate că în pasajul superior pătrunde doar a 0,01 sau a 0,001-a parte din aerul inspirat. De asemenea, merită subliniat faptul că pentru excitarea receptorilor olfactivi este necesară o cantitate mai mică de molecule mari, decît de molecule mici. Energia moleculelor la nivelul concentrației liminale a substanțelor odorifice oscilează între 10^4 și 10^{-3} erg./sec. Comparînd-o cu energia necesară pentru alte modalități (vizuală, auditivă, tactilă) s-ar părea că aparatul olfactiv este mai puțin sensibil. Dar acest lucru nu este dovedit (Skramlik, 1948).

În scopul cercetării intensităților comparabile ale stimulilor olfactivi, a valorilor deosebirilor individuale, a curbei adaptării etc., pot fi folosite măsurătorile relative.

Pentru aceasta se recurge la aparate care se calibrează în concordanță cu un anumit standard, ceea ce ne scutește de a mai calcula concentrațiile minimale ale substanțelor. Cel mai cunoscut este olfactometrul lui Zwaardemaker. Simplificat, acesta se compune dintr-un tub de sticlă (sau metal) introdus în interiorul altui tub dintr-o materie absorbantă în care se pune substanța mirositoare (fig. 52). Capătul anterior al tubului de sticlă se introduce în narina subiectului, iar capătul posterior (deschis) se poate deplasa la o distanță mai mare sau mai mică în interiorul tubului îmbibat cu substanță odorifică. Cu cît tubul de sticlă este deplasat mai mult spre exterior, cu atît prin el pătrunde o cantitate

mai mare de aer încărcat cu vapori odorifici şi deci, cu atît mai mare va fi concentraţia substanţei respective. Unitatea de măsură standard — *olfacţia* — se determină în funcţie de distanţa — centimetri — dintre capătul posterior al tubului de sticlă şi capătul posterior (închis) al tubului exterior (absorbant), necesară pentru pătrunderea unei cantităţi de aer suficiente pentru a provoca o senzaţie. Mărimea acestei distanţe, şi deci valoarea olfacţiei, variază de la o substanţă la alta.

Întrucît pragul sensiblităţii este influenţat aci de puterea şi ritmul cu care subiectul inspiră aerul din tub şi de viteza difuziei, au fost propuse alte metode. Cea mai cunoscută este metoda pompării, elaborată de Elsberg şi Levy (1935). Aparatul se compune dintr-un vas de sticlă în care se introduce substanţa odorifică. În interiorul vasului se introduce un tub deschis la capătul posterior, iar cel anterior (aflat în afara vasului) este prevăzut cu o pompă sau spriţ. (fig. 53). Acţionînd asupra pompei respective, datorită presiunii create, aerul încărcat cu vaporii odorifici este împins în sus şi iese printr-un al doilea tub, prevăzut la capătul anterior cu două orificii care se introduc în narine. Pragul

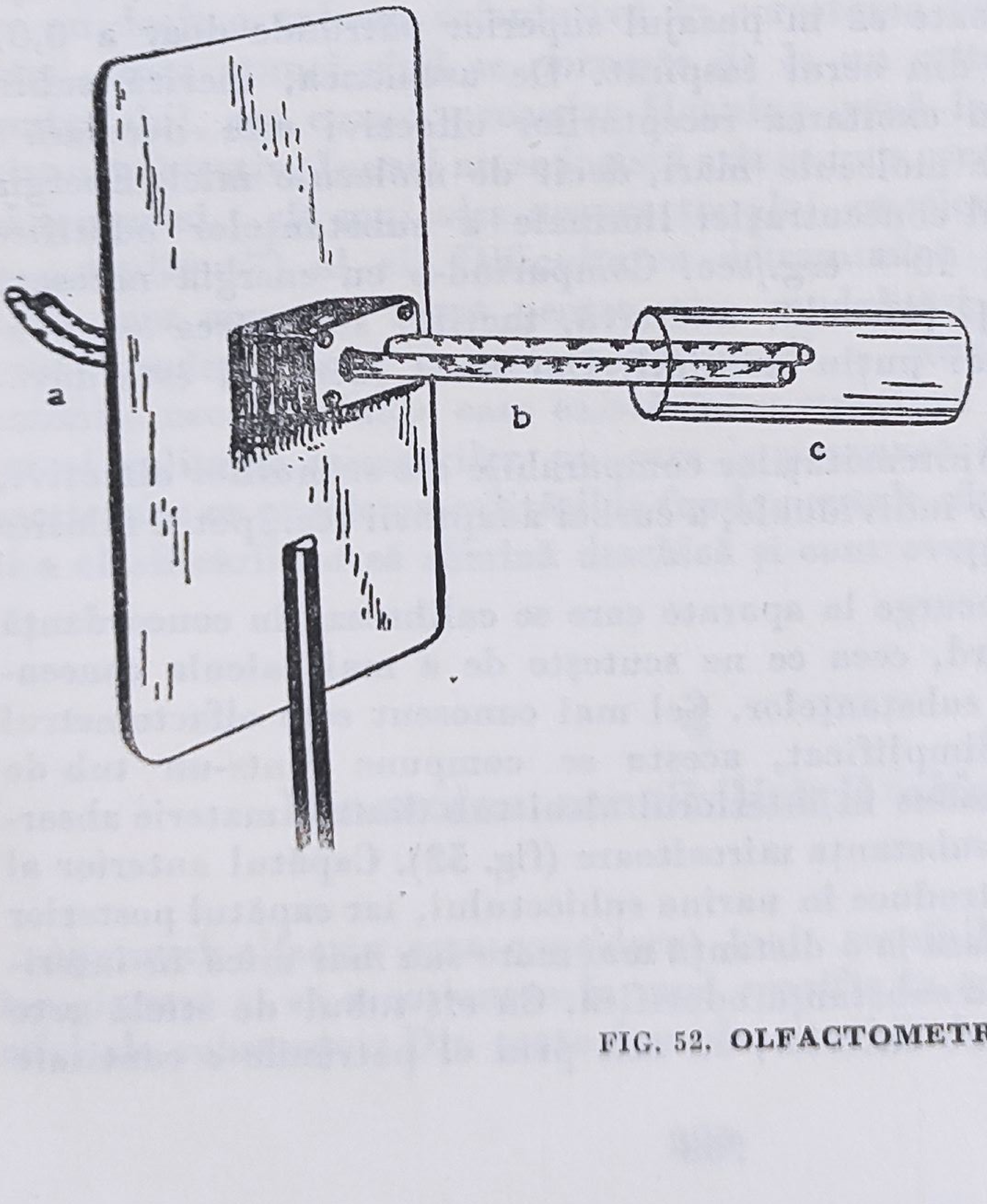
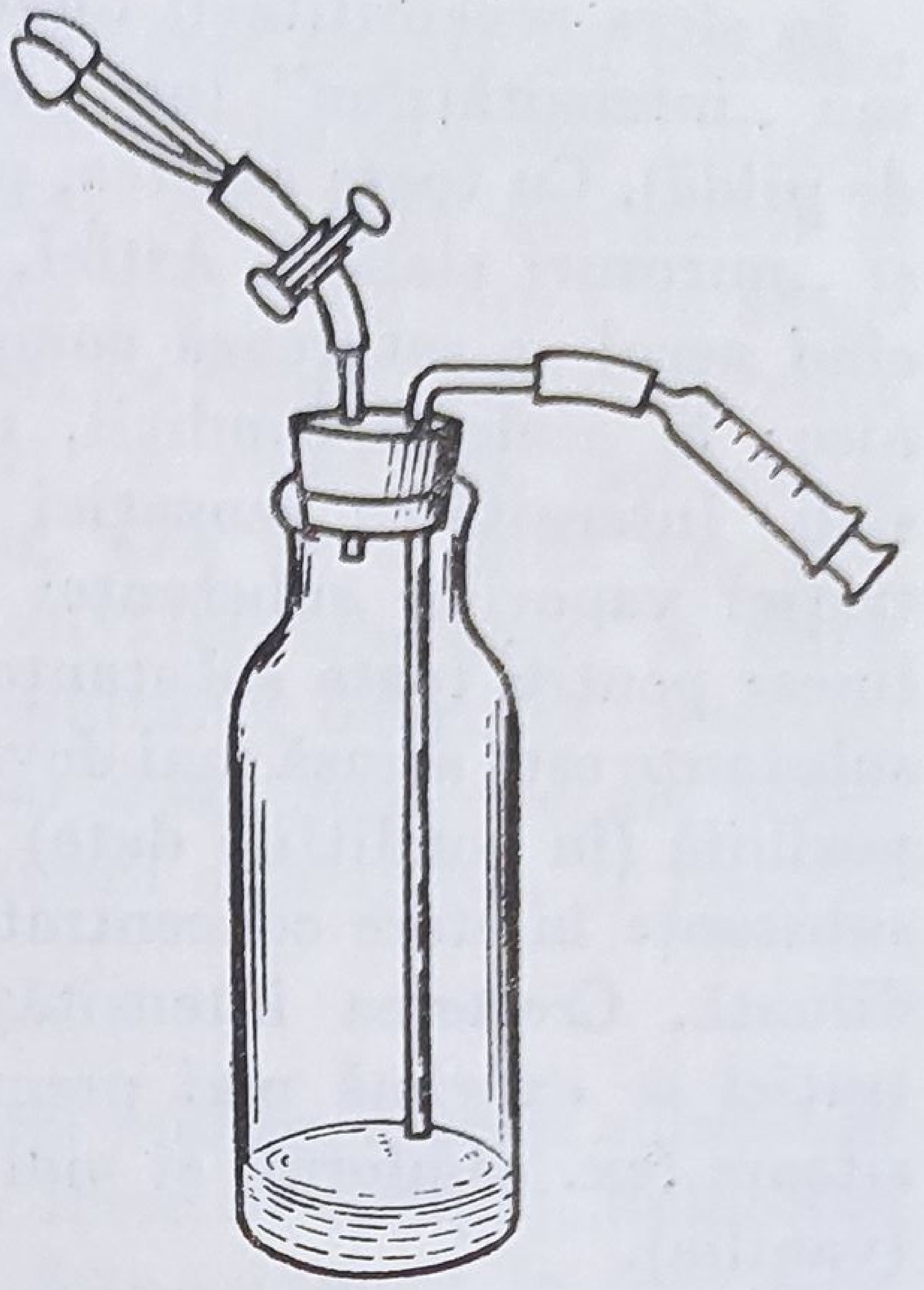


FIG. 52. OLFACTOMETRUL LUI ZWARDEMAKER

FIG. 53. APARATUL LUI ELSBERG



se determină în funcție de cantitatea amestecului odorific care pătrunde în nas. Forța presiunii nu este însă un factor neglijabil. De aceea, metoda a fost perfecționată în așa fel, încît la fiecare excitare forța presiunii să rămînă constantă. Totuși, nici în acest caz, mărimea pragurilor nu rămîne o variabilă dependentă exclusiv de intensitatea și calitatea stimulului odorific.

Pragurile diferențiale. Am menționat deja, că dacă din punct de vedere absolut aparatul olfactiv posedă o sensibilitate înaltă, după capacitatea discriminatorie el pare că rămîne în urma celorlalți analizatori. Cercetarea sensibilității lui diferențiale prezintă, de altfel, foarte mari dificultăți. La ora actuală se cunosc prea puține lucruri în legătură cu valorile pragurilor respective și dinamica lor. Două fapte au fost mai mult relevate. Primul: mărimea pragurilor diferențiale depinde de gradul de concentrație a substanței odorifice; ea înregistrează valori relativ mai mici în cazul concentrațiilor slabe, decît în cel al concentrațiilor puternice. Al doilea fapt rezidă în aceea că, potrivit datelor obținute, dinamica pragurilor diferențiale ale sensibilității olfactive se încadrează mult mai bine în limitele legii lui Weber-Fechner decît dinamica pragurilor diferențiale ale celorlalte modalități. Aci raportul $\frac{\Delta I}{I}$ (I luînd diferite valori) pare să rămînă constant. Dar pentru a declara cert acest fapt, se cer încă verificări experimentale.

În sfera sensibilității olfactive nu dispunem de o scară a ,,tăriilor'' sau ,,intensităților'' (așa cum avem pentru sensibilitatea auditivă, de pildă). Cu toate acestea, putem vorbi și aici de ,,mirosuri puternice'' și ,,mirosuri slabe''. Astfel, mirosul de ulei de lămîie sau de camfor, cînd aerul se saturează complet cu vaporii lor, pot fi socotite puternice; în aceleași condiții, mirosul de vanilie trebuie caracterizat ca slab. Intensitatea senzației se modifică în cazul modificării concentrației vaporilor substanței odorifice date. Nu există însă un raport linear pentru toate substanțele. Intensitatea limită a mirosului multor substanțe este atinsă mai devreme decît ar fi atinsă concentrația maximă posibilă (în condițiile date) a vaporilor ei. Mai mult decît atît, unele substanțe în stare concentrată au un miros mai slab decît în stare mai diluată. Creșterea intensității senzației pe măsura creșterii concentrației se exprimă mai pregnant în cazul substanțelor puternic mirositoare (ex. camforul) și mai puțin pentru substanțele slab mirositoare (vanilia).

Vorbind despre intensitatea senzațiilor olfactive, trebuie să menționăm dificultatea comparării lor în cazul recepționării mai multor substanțe. Deosebit de dificilă este compararea și clasificarea după intensitate a unor substanțe eterogene (ex. mirosul de viorele cu mirosul de benzină) (Zwaardemaker, 1925, Boring, 1928).

În sfîrșit, este interesant de știut că unele substanțe își modifică calitatea mirosului în urma diluării (ex. indolul).

5
Adaptarea sensibilității olfactive

Mirosul face parte din categoria organelor de simț înalt și rapid adaptabile (Adrian, 1942). Adaptarea în sfera sensibilității olfactive este atît de puternic exprimată și atît de frecvent întîlnită, încît pentru a-i demonstra existența nu este nevoie să recurgem la experimente speciale. Observația cotidiană ne furnizează suficiente date. Intrînd de afară în cameră, aproape întotdeauna simțim un anumit miros; dar după cîteva minute de ședere în această cameră, constatăm că mirosul respectiv a dispărut (bineînțeles, dacă el nu era prea puternic). Nu simțim, de pildă, mirosul propriei îmbrăcăminți, al parfumului cu care este ea impregnată (în vreme ce oamenii din afară îl sesizează

ca fiind destul de puternic). Hainele unui fumător degajă un puternic miros de tutun, dar pentru cel care le poartă nu au nici un miros ş.a.m.d.

Fenomenul adaptării sensibilităţii olfactive este uşor măsurabil şi cantificabil. Ca şi în cazul gustului, deosebim aici două forme de adaptare: omogenă şi eterogenă. Ele se cercetează, de regulă, separat. Prima exprimă modificarea sensibilităţii în raport cu substanţa care acţionează în momentul dat asupra receptorilor. Cea de a doua exprimă modificarea acestei sensibilităţi în raport cu alte substanţe, în urma acţiunii directe asupra receptorilor a unei substanţe odorifice oarecare. În ambele cazuri, consemnăm prezenţa celor două momente ale adaptării: scăderea sensibilităţii, în timpul acţiunii stimulului, şi restabilirea ei după încetarea acestuia.

Adaptarea omogenă. Pentru cercetarea ei folosim aceeaşi substanţă în concentraţii diferite (în mod obişnuit în stare de soluţie). Subiectul este ţinut timp de cîteva minute (5—10) într-o cameră în care s-au evaporat în prealabil 5—20 cm^3 din substanţa dată. După aceasta, subiectul respectiv este pus în contact succesiv cu o serie de flaconaşe, conţinînd soluţii de concentraţii diferite din aceeaşi substanţă şi se determină gradul scăderii sensibilităţii. Gradul şi viteza de adaptare depind de natura substanţei. Iată durata adaptării pentru cîteva substanţe de bază (în minute): sulfura de amoniu (4—5); citralul (7—106), benzaldehida (4—$\propto$), safralul (2—3), cauciucul (0,2—23), usturoiul (45—$\propto$), camforul (2—$\propto$), fenolul (9—$\propto$), cumarina (1—2), apa de colonie (7—12)*. (Moncriff, 1946; Bronstein, 1950; Beidler, 1960). Aplicarea metodei olfactometriei arată că durata adaptării depinde nu numai de calitatea substanţei, ci şi de intensitatea excitării (Foster şi Dallenbach, 1948).

Este important să menţionăm faptul că adaptarea olfactivă nu se caracterizează numai prin modificări de ordin cantitativ ale sensibilităţii (creşterea pragurilor), dar şi prin mutaţii de ordin calitativ — schimbarea tonului senzaţiei. Menţinînd timp îndelungat contactul cu anumite substanţe, constatăm că mirosul lor îşi modifică calitatea. (De exemplu, nitrobenzolul îşi pierde mirosul său specific de migdale amare şi capătă un miros asemănător cu cel al cauciucului; etilsulfida şi mercaptanul dobîndesc un miros eteric plăcut etc.) (Skramlik, 1926). Se presupune că, în raport cu substanţele complexe, procesul adaptării decurge în mod diferit: unele componente ale lor continuă să acţioneze asupra receptorilor. Aceasta depinde şi de concentraţie.

* Semnul „$\propto$" arată că mirosul substanţei date continuă să se perceapă un timp foarte îndelungat.

Pe cît de repede se produce prima fază a adaptării (scăderea sensibilității sub acțiunea substanței-stimul), pe atît de rapid are loc și procesul opus — restabilirea nivelului inițial al sensibilității. Datorită acestei dinamici accelerate a adaptării, în sfera recepției olfactive fenomenul oboselii devine ceva impropriu. Am putea chiar spune că aparatul olfactiv este practic infatigabil.

Adaptarea eterogenă. Aceasta ar mai putea fi numită și adaptare pasivă sau indirectă. Acționînd asupra receptorilor cu o anumită substanță mirositoare, constatăm că se produce adaptarea și față de alte substanțe. Valorile pe care le înregistrează modificările sensibilității în raport cu aceste substanțe vor fi, evident, mai mici decît în raport cu substanța de bază. Mărimea salturilor depinde de concentrația vaporilor substanței față de care s-a realizat adaptarea. De exemplu, sub influența vaporilor de acid caprilic în concentrație de 407 ori mai mare decît cea liminală, pragul sensibilității pentru guaiacol a crescut de 15 ori, pentru mosc de 8,1 ori, iar pentru nitrobenzen numai de 2,6 ori. (Bronstein, 1950).

Se poate presupune că valorile adaptării eterogene depind nu numai de concentrația substanței de bază (față de care se realizează adaptarea în mod direct), ci și de durata de acțiune a acesteia. Cu cît substanța de bază acționează mai îndelungat, cu atît și adaptarea eterogenă va înregistra valori mai ridicate.

6

Interacțiunea excitațiilor în sfera recepției olfactive

Ca și în cadrul celorlalte modalități senzoriale, în sfera mirosului se pune în evidență fenomenul interacțiunii dintre excitațiile specifice. Pentru aceasta se recurge la stimularea simultană, care, în cazul dat, se poate realiza în două forme: excitarea concomitentă separată a celor două nări cu 2 substanțe diferite și excitarea ambelor nări cu ajutorul unui amestec. Obiectivul pe care-l urmărim constă în a stabili dacă, în condițiile date, aparatul olfactiv posedă capacitatea de a analiza și disocia mirosurile complexe sau diferitele mirosuri care alcătuiesc amestecul fuzionează între ele formînd o nouă calitate, din punct de

vedere perceptiv. Răspunsul nu poate fi categoric și univoc. Pe de o parte, o serie de mirosuri se unesc între ele. Dovada: o mulțime de produse parfumerice. De asemenea, mirosurile naturale reprezintă în sine complexe ale mirosurilor diferitelor substanțe chimice, dar se percep ca ceva integral. De exemplu, mirosul de esență de trandafir se compune din mai multe mirosuri elementare, dar noi nu putem să-l descompunem.

Pe de altă parte, cercetările au stabilit că, făcînd amestecul a două substanțe mirositoare, respectînd anumite condiții și efectuînd o inspirație atentă, putem diferenția mirosul fiecărei substanțe. Condițiile care se impun în acest caz: 1) mirosurile substanțelor amestecate trebuie să aibă aproximativ aceeași intensitate și să nu se mascheze unul pe celălalt; 2) subiectul trebuie să cunoască bine dinainte mirosul fiecărei substanțe în parte. Dacă diferența de intensitate este mare, atunci se produce reprimarea mirosului mai slab de către cel puternic.*

În afară de cele trei modalități de interacțiune menționate (perceperea simultană, amestecul și reprimarea) merită să mai fie indicată una și anume compensația. Ea rezidă în slăbirea reciprocă a mirosurilor. Într-o anumită măsură compensația mirosurilor este analogă cu fenomenul pe care-l observăm în optică în cazul amestecului a două culori complimentare, în urma căruia obținem o singură culoare acromatică. Cercetările au pus în evidență o multitudine de combinații ale substanțelor odorifice, ale căror mirosuri se compensează reciproc. Dificultatea constă doar în alegerea exactă a cantității acestor substanțe și în dozarea lor în funcție de particularitățile individuale ale subiecților (nu există valori standard, valabile pentru toți oamenii). Zwaardemaker a reușit să stabilească cîteva grupe de combinații reciproc compensatorii.

Ca și reprimarea, compensația se folosește ca procedeu practic pentru atenuarea efectului mirosurilor neplăcute (în industria farmaceutică și alimentară).

Spre deosebire de celelalte modalități, în sfera recepției olfactive fenomenul contrastului este foarte slab exprimat. Astfel, cel simultan care poate lua naștere numai prin excitarea bilaterală, separat a fiecărei narine, nu a putut fi pus în evidență cît de cît pregnant. În ceea ce privește cel succesiv, există unele observații care arată că mirosul cîtorva substanțe se intensifică dacă ele sînt percepute după inspirarea

* Fenomenul reprimării prezintă o mare importanță practică, putînd fi folosit ca procedeu de atenuare sau abolire a mirosurilor neplăcute.

vaporilor altor substanțe (Mc. Cord și Witheridge, 1949). În mod analog, unele mirosuri își diminuează „forța" cînd sînt percepute pe fondul postacțiunii altor substanțe.

Modificarea sensibilității olfactive sub influența diferiților factori. Sensibilitatea olfactivă își modifică parametrii în funcție de foarte mulți factori: obiectivi (externi) și subiectivi (interni).

Din categoria celor dintîi cei mai importanți sînt: puritatea aerului, temperatura, umiditatea și iluminatul. Într-o încăpere dezodorificată, în care nu plutesc vapori ai substanțelor mirositoare, pragurile absolute scad în medie cu 25%. Dimpotrivă, în condițiile în care aerul este încărcat cu vapori de natură diferită, sensibilitatea scade apreciabil. Cercetările efectuate (Crozier, 1934; Crocker, 1945; Moncriff, 1946) au stabilit că există o anumită temperatură optimă care facilitează recepționarea „fină" a mirosurilor. În medie, această temperatură este cuprinsă între 35—38°C. Umiditatea aerului influențează în genere pozitiv procesul recepției. Lumina, în anumite limite de intensitate, stimulează sensibilitatea olfactivă, întunericul o atenuează.

Factorii interni. Primul care trebuie luat în considerație este vîrsta. Potrivit datelor existente, sensibilitatea olfactivă crește, începînd de la 6 ani pînă la 25 ani apoi scade treptat. Înaintarea în vîrstă duce la creșterea nu numai a sensibilității absolute, ci și a celei diferențiale. Deși scade, totuși, la bătrînețe sensibilitatea olfactivă se păstrează mult mai bine decît cea auditivă sau vizuală (Morgan, C.T., 1949).

Reducerea substanțelor nutritive din organism duce la o hiposomie accentuată. (Hilov L., 1944). Dacă flămînzirea este cronică și se însoțește de fenomene distrofice, scăderea sensibilității olfactive capătă stabilitate.

Graviditatea la femei provoacă modificări notabile în starea sensibilității olfactive: se produce creșterea selectivă pentru anumite substanțe. Această hipersomie poartă un caracter strict individual.

Bolile sistemului nervos (infecții, tumori cerebrale, leziuni etc.) perturbă recepția olfactivă în toate sensurile: abolirea parțială sau totală a sensibilității, scăderea ei cu mult sub limita normală sau creșterea exagerată a ei.

Primele două tipuri de tulburări se înregistrează îndeosebi în boli ale nasului (guturai — care împiedică accesul substanței odorifice la receptori, atrofierea mucoasei, leziuni ale nervului olfactiv). Hipersomia, care culminează cu halucinații, are loc cu precădere în cazuri de tumori profunde și în unele boli psihice.

7
Influența excitării aparatului olfactiv asupra funcțiilor organismului

Am arătat deja la început că prin poziția pe care o ocupă în cadrul sistemului general al organismului, aparatul olfactiv exercită influență asupra celor mai variate funcții și procese, atît biologice, cît și psihice. Excitațiile olfactive influențează profund starea emoțional-afectivă generală. Mirosurile neplăcute au un efect negativ, deprimant; cele plăcute — unul pozitiv, tonifiant, stimulent.

Atributele „plăcut" și „neplăcut" nu au un sens univoc; valoarea lor este relativă și depinde foarte mult de experiența perceptivă anterioară a omului. Există o anumită obișnuință care se închează individual, în funcție de condițiile concrete de viață, de particularitățile psiho-fiziologice. Pe cale asociativă, mirosurile se leagă cu diferite trăiri și reacții specifice ale individului. Ca urmare, pe baza unei impresii sau senzații olfactive pot fi reactualizate amintiri și trăiri trecute.

Acțiunea mirosurilor influențează apoi asupra sistemului sangvin și muscular. Cele plăcute ridică temperatura pielii, determină creșterea amplitudinii pulsației creierului; cele neplăcute scad temperatura pielii, accentuează creșterea amplitudinii pulsației creierului, încetinesc ritmul respirației (Nadjarian, 1948). Sub influența excitației olfactive scade excitabilitatea mușchilor, crește cronaxia; unele substanțe amplifică tonusul muscular, ceea ce se răsfrînge pozitiv asupra capacității de muncă (Shatenstein, 1939). Nici nivelul sensibilității celorlalți analizatori nu rămîne neschimbat. Cercetările lui Kravkov (1940), Goltz și Scheivehman (1948) au stabilit că sînt substanțe odorifice cu ajutorul cărora se poate optimiza sensibilitatea cromatică și sensibilitatea auditivă și substanțe care au o influență depresivă.

8
Teoriile olfacției

Varietatea teoriilor existente poate fi ordonată în două grupe: teorii fizice și chimice, pe de o parte, și teorii anatomiste, pe de alta. Primele se întemeiază pe analiza naturii fizice sau chimice a stimulilor specifici.

Cele din a doua categorie se ocupă de natura receptorului, definindu-l ca formațiune complexă, alcătuită fie dintr-un număr foarte mare de celule senzitive diferite, fie dintr-un număr mic de tipuri de celule de bază. Există și unele încercări de a cuprinde ambele aceste laturi.

La stadiul actual al dezvoltării psihofiziologiei, problema principală care se cere a fi lămurită în legătură cu recepția olfactivă privește determinarea naturii stimulilor specifici. De rezolvarea acestei probleme depinde, în ultimă analiză, elaborarea teoriei generale a olfacției.

Deocamdată, teoriile ,,chimice'' și ,,fizice'' nu oferă date concludente.

Potrivit teoriei chimice (Ruzicka, 1920), substanțele odorifice care pătrund în pasajele olfactive se amestecă cu lichidul care scaldă pereții lor, iar apoi intră în contact cu ,,formațiuni'' chimice speciale denumite ,,osmoceptori''. Fiecare tip de osmoceptori intră în legătură numai cu anumite grupe de atomi — ,,grupele osmoforice'', purtătoare ale mirosului. Excitația specifică ia naștere tocmai pe baza interacțiunii dintre ,,osmoceptori'' și ,,osmofori''. Ea continuă atîta vreme cît se formează ,,osmoceptori'' liberi.

Dacă osmoforii pătrund într-o cantitate atît de mare, încît ,,osmoceptorii'' specifici nu reușesc să-i lege, atunci ei intră în contact cu alți osmoceptori și ca urmare ia naștere o senzație olfactivă de altă calitate. Scăderea numărului osmoceptorilor liberi duce la instalarea procesului de adaptare.

Teoriile fizice pornesc de la ipoteza că receptorii olfactivi se excită de către vibrațiile ondulatorii ale moleculelor diferitelor substanțe. (Se bazează, deci, pe așa-numitele efecte moleculare — absorbția razelor infraroșii și ultraviolete, efectul lui Raman etc.). La început, asemenea teorii erau pur deductive, dar treptat au fost acumulate o serie de fapte care concordă cu spiritul lor: raportul specific al substanțelor odorifice cu razele infraroșii și ultraviolete și cu fenomenul difuziei luminii.

Bazele teoriei fizice au fost puse de Dyson (1938). El și cei care au îmbrățișat ipoteza lui, arată că substanțele odorifice trebuie să posede o volatilitate suficientă pentru ca presiunea vaporilor lor să nu fie mai mică decît cea minim necesară pentru excitarea receptorilor. În plus, substanța trebuie să se dizolve în lipide. Vibrațiile ondulatorii combinate trebuie să posede o asemenea frecvență, încît $\Delta\nu$ (determinat după spectrele de difuzie) să nu fie mai mică de 1400 cm^{-1} și nici mai mare de 3500 cm^{-1}.

Potrivit acestei teorii, substanțele care dau un efect Raman a cărui mărime este cuprinsă în limitele 140—350 $m\mu$ posedă miros; celelalte

sînt inodore. Această condiţie nu are însă o valabilitate absolută: glicerina, care dă un asemenea efect în limita valorilor critice nu are miros.

Beck şi Miles (1947) au dat un nou imbold teoriei fizice, pe linia sublinierii dependenţei excitaţiei olfactive de iradiaţia infraroşie. Rolul principal în teoria lor se atribuie absorbţiei căldurii în fîşia undelor luminoase de o anumită lungime. Se ia în consideraţie numai fîşia undelor de la 4 la 20 microni, întrucît ea corespunde lungimilor de undă emanate de corpul omenesc. Se presupune că absorbţia frecvenţelor în această fîşie determină o răcire locală a anumitor elemente receptoare.

Ulterior, Beck a introdus noi variabile — solubilitatea substanţei în lipide şi apă, forma particulelor, difuziunea razelor infraroşii — care, după părerea lui, ar permite să se explice diferenţa de miros a unor izomeri optici avînd acelaşi spectru infraroşu şi efectul odorific al unor substanţe care nu dispun de proprietatea absorbţiei în fîşia infraroşie a spectrului (Beck, 1950).

Întrucît spectroscopia infraroşie a luat o mare dezvoltare în ultima vreme, iar marea majoritate a substanţelor odorifice posedă proprietatea de absorbţie a razelor infraroşii, teoriile fizice cu privire la natura stimulilor olfactivi şi a procesului excitaţiei specifice se impun astăzi pe primul plan.

Teoriile anatomiste, nedispunînd de procedee metodice adecvate de stimulare (acest lucru fiind extrem de dificil de realizat datorită construcţiei deosebite a verigii periferice a analizatorului olfactiv) sînt lipsite de o bază de argumentaţie temeinică, ceea ce le face uşor criticabile. Majoritatea indicatorilor pe care se sprijină el au un caracter indirect (ex. tulburări selective ale sensibilităţii, adaptarea selectivă, efectul amestecurilor). Or, aceştia trebuie ei înşişi explicaţi fiecare în parte, înainte de a fi invocaţi ca factori explicativi ai procesului recepţiei olfactive în ansamblu.

XI

INTEROCEPȚIA

Dezvoltîndu-și ideea cu privire la funcția integrativă a sistemului nervos, Sherrington (1906) arăta că aceasta se realizează în două direcții: în raport cu excitațiile sosite din mediul extern culese de către aparatele senzoriale orientate spre în afară, și în raport cu impulsurile dinăuntrul organismului, înregistrate de aparatele senzoriale de la nivelul organelor și țesuturilor interne. Astfel, el împarte întreaga activitate de recepție în două mari sfere: exterocepția și interocepția, între care plasează propriocepția.

Prin introducerea termenului de interocepție Sherrington venea să legifereze existența așa-numitei sensibilități organice, sistematizînd, totodată, materialul faptic — experimental acumulat în perioada anterioară.

Problema sensibilității „organelor interne" a fost foarte mult controversată. Pînă pe la jumătatea secolului trecut, era aproape unanim acceptată părerea că atît organele interne (din cavitatea toracică și abdominală), cît și aparatele mișcării (musculatura) sînt lipsite de proprietatea recepției. Lor li se atribuia exclusiv un rol executiv.

O asemenea reprezentare stăruia în ciuda faptului larg cunoscut că în cazul îmbolnăvirii organelor interne apar frecvent senzații neplăcute și dureri acute.

Ea era întreținută probabil de caracterul contradictoriu al datelor rexperimentale, care începuseră să se adune încă din sec. al XVII-lea.

Printre primii care a abordat problema experimental se numără cunoscutul Harvey (1628). Pe baza cercetărilor efectuate asupra unor bolnavi cardiaci, el formulează concluzia că inima este total insensibilă la stimulii externi. Mai tîrziu, Galler (1765), în urma cercetărilor pe animale, ajunge la aceeași concluzie în legătură cu celelalte organe interne. Bichat (1800), excitînd cu înțepături, arsuri și rezecții organele din cavitatea abdominală a cîinelui, nu a înregistrat nici un fel de semne de durere. În același timp, însă, el relevă faptul că introducerea

în tubul digestiv a unui corp străin provoacă o senzaţie asemănătoare cu cea somatoestezică.

Bichat atrage atenţia asupra sensibilităţii, după părerea lui foarte ridicate, a vaselor sanguine, lucru dovedit prin injectarea în artere a unor lichide; excitarea respectivă provoca senzaţii puternice de durere. În final, Bichat formulează o concluzie echivocă; pe de o parte, el îşi afirmă convingerea în absenţa sensibilităţii interne, pe de altă parte indică o serie de excepţii.

Efectuînd cercetări pe oameni normali, Weber (1846) arată că intestinul este insensibil la excitanţi termici de rece, la presiune şi atingere.

Cl. Bernard (1871) admite ideea insensibilităţii organelor interne în stare normală, dar afirma prezenţa sensibilităţii lor în stări patologice.

Secenov (1866), pornind de la principiul general al semnalizării ca premisă a realizării unităţii dintre organism şi mediu, demonstrează necesitatea semnalelor de la nivelul organelor interne. Fără a o fi dovedit experimental, el emite ipoteza cu privire la existenţa căilor aferente, corespunzătoare diferitelor categorii de semnale organice. Apoi dă chiar o clasificare a reflexelor viscerale care arată gradaţia complicării lor, prin subordonarea şi integrarea la nivelul structurilor psihice: controlul conştient şi reglajul voluntar.

El include într-o categorie specială aşa-numitele semnale cu caracter de sistem, care cuprind componente de la toate tipurile de receptori interni şi pe baza cărora se realizează fondul psiho-fiziologic general de bună sau proastă dispoziţie, de echilibru sau agitaţie. Deşi are un caracter egal, liniştit, echilibrat acest fond influenţează permanent şi puternic nu numai asupra tonusului activităţii de muncă, ci şi asupra tonusului activităţii psihice interne. Nivelul lui nu rămîne însă tot timpul constant: din cînd în cînd, au loc modificări normale, care fac să se individualizeze şi să se manifeste la suprafaţă o formă concretă de senzaţie organică: de foame, de sete, erotică etc.

Ideile lui Secenov au fost apoi preluate de Pavlov, care le-a dat o fundamentare experimentală temeinică. Chiar în primele sale lucrări asupra fiziologiei circulaţiei, Pavlov afirma ideea existenţei nervilor aferenţi ai organelor interne şi vaselor sanguine. În „Lecţiile despre activitatea principalelor glande digestive" (1897) el aduce date concrete în legătură cu funcţiile de recepţie ale tubului digestiv, subliniind că stomacul nu numai în stare patologică, ci şi în stare normală reprezintă sursa anumitor senzaţii, iar mucoasa sa internă posedă o oarecare somestezie. Mai tîrziu, cînd introduce noţiunea de analizator, Pavlov o extinde şi la explicarea proceselor de recepţie din interiorul organis-

mului. Activitatea de semnalizare a organelor interne este integrată apoi principiului condiționării. Cercetările efectuate de discipolii săi P. M. Nikiforovski (1910), A. V. Tonkih (1912), N. A. Podkopaev (1914), I. S. Țitovici (1917), L. A. Orbeli (1924), K. M. Bîkov (1944) au stabilit particularitățile dinamicii sensibilității interne în procesul condiționării, sub influența acțiunii diverșilor factori excitatori introduși din afară etc.

În impunerea ideii despre existența recepției interne un rol însemnat l-au jucat cercetările altor autori: F. Goltz (1863), care demonstrează influența reflexă reciprocă între inimă și stomac; K. Ludwig (1866), care descoperă „nervul depresor'' ce inervează cîrja aortică și avînd o influență reflexă asupra inimii; Hering și Breuer (1868), care pun în evidență reglarea mișcărilor respiratorii pe baza impulsurilor de la receptorii pulmonari; Mayer și Pribram (1872) care stabilesc relații reflexe reciproce, cu efect depresiv sau stimulativ, între majoritatea organelor interne; Kart și Meltzer (1907) care au dovedit prin experimente riguros controlate că diferitele organe interne considerate anterior lipsite total de sensibilitate — intestinul, rinichii, splina etc. reacționează prin contracții sau modificări reflexe de alt gen la excitări mecanice și electrice; Ritter (1909) care dovedește excitabilitatea organelor din cavitatea abdominală la înțepături și apăsări; Neumann (1910) care printr-o serie de experimente a confirmat ipoteza că majoritatea organelor din cavitatea abdominală posedă sensibilitate în raport cu o serie de excitanți fizici și chimici; Hertz (1911), Loeper (1912), Carlson (1913) care, pe bază de date clinice semnificative, dovedesc existența funcției de recepție la nivelul tubului digestiv; Cannon (1923) care dezvoltă o teorie închegată asupra modificărilor reflexe ce au loc în organism sub influența impulsurilor interne de diferite tipuri.

O contribuție remarcabilă la fundamentarea teoretică și experimentală a psihofiziologiei interocepției a adus-o D. Danielopolu (1930).

Așadar, a trebuit să treacă mult timp și să se efectueze un foarte mare număr de cercetări pînă să se demonstreze convingător, existența sensibilității interne a organismului. Pînă în deceniul al treilea al secolului nostru, obiectivul principal al investigațiilor experimentale sau clinice era acela de a răspunde la întrebarea: există sau nu există receptori și fibre aferente (senzoriale) la nivelul organelor interne?; se poate sau nu vorbi de existența interocepției, ca modalitate senzorială specifică?

Preocuparea pentru explicarea structurii și mecanismelor acestei funcții a fost lăsată oarecum pe planul al doilea. Dacă astăzi dispunem de suficiente dovezi faptice care ne permit să desprindem, fără rezerve,

interocepția ca modalitate senzorială specifică, avem date extrem de insuficiente pentru a putea da o schemă explicativă completă a mecanismelor și dinamicii ei. Asupra acestor probleme continuă să planeze un văl de necunoscut. Din acest punct de vedere, este justificată afirmația unor autori că interocepția este un domeniu obscur. Cercetările se găsesc abia la început. Ca atare, inevitabil, teoria poartă cu precădere un caracter descriptiv și, în mare parte, ipotetic.

1
Analizatorii interni

Primul lucru care se impune atenției în analiza sensibilității organice este acela că diverși cercetători au folosit în calitate de excitanți agenți de natură diferită: mecanici, chimici, termici, electrici etc. În raport aproape cu fiecare s-au putut pune în evidență reacții de răspuns reflexe ale majorității organelor interne. De aci putem conchide că interocepția reprezintă o structură funcțională complexă, în cadrul cărei subzistă mai multe submodalități senzoriale: estezică (presiune, atingere) termică (de cald și rece), chimică (reacție la acțiunea diferitelor substanțe chimice sau la modificările de ordin chimic care se produc la nivelul țesuturilor, îndeosebi al glandelor și vaselor sanguine); dureroasă, la acțiunea stimulilor nocivi sau modificărilor patologice.

Se presupune astfel existența la nivelul fiecărui organ intern a mai multor tipuri de receptori. Distribuția lor atît în cadrul aceluiași organ, cît și între diferitele organe este însă diferită.

Terminațiile nervoase aferente care culeg și transmit impulsurile se prezintă puternic ramificate, formînd adevărate plexuri. Cercetările histologice (Amassian, 1951, Patton, 1956) au stabilit că ele sînt mielinice (aproximativ 11 000) și amielinice (C), ceva mai puțin numeroase. Nu toate sînt însă cu adevărat senzoriale. O parte însemnată din ele au sinapsa finală în măduvă sau bulb și nu trimit proiecții la centrii senzoriali superiori. Impulsurile care merg pe aceste căi nu determină niciodată senzații conștientizate. Ele mediază deci o reglare pur reflexă a stării funcționale a organelor interne sau a unor procese metabolice.

Verigile aferente ale mecanismelor reflexe care dirijează fenomenele viscerale bazale — reflexele cardiace, reflexele aortice, reflexele de

micțiune — sînt localizate în exclusivitate în nervii parasimpatici. Fibrele simpatice duc numai în rare cazuri la modificări reflexe ale aparatului circulator (creșterea tensiunii arteriale), și anume atunci cînd excitația este foarte puternică (dureroasă). Deci, deși abundente, ele nu sînt considerate esențiale pentru reglarea activității viscerale. (Patton, 1963).

Prin urmare, cu toate că există un număr foarte mare de fibre aferente viscerale, numai o parte intră în structura analizatorului intern, fiind implicate în procesul de producere a senzației ca fapt de conștiință.

În ceea ce privește nivelul sensibilității viscerale, trebuie să arătăm că deși tipurile de receptori se aseamănă cu cei ai sensibilității somatoestezice (de presiune, de atingere, termică și algezică), totuși pragurile lor sînt mult mai ridicate. Pentru a provoca o senzație de atingere la nivelul mucoasei gastrice va fi necesară o intensitate mult mai mare a stimulului, decît în cazul excitării pielii. Se poate deci spune că, în general, interoceptorii sînt acordați la un nivel de reactivitate scăzut. Aceasta explică de ce nu toți cercetătorii au putut pune în evidență de prima dată sensibilitatea lor la excitanți mecanici sau fizici și de ce stimulările care probabil au loc tot timpul la nivelul organelor interne nu duc întotdeauna la apariția senzațiilor corespunzătoare. Sensibilitatea discriminativă în sfera interocepției este de asemenea foarte grosolană: nu pot fi sesizate decît diferențe mari de intensitate ale aceleiași categorii de stimuli (Bîkov, 1947, H. Patton, 1960). Faptul se datorește inerției funcționale a sistemului aferent visceral în ansamblu. El posedă o stabilitate în timp și o rezistență la influențele perturbatorii mult mai mare decît sistemele exterocepției; nu transformă în excitație dominantă orice oscilație a mediului intern, ci numai pe aceea care, într-adevăr, tinde să tulbure echilibrul general al organismului. Semnalele pe care le furnizează acest sistem mecanismelor integrative superioare se includ de obicei ca informație contextuală în structura generală a informației actuale din sistemul organismului. Așa se face că noi nu „simțim”, de regulă, nici prezența fizică a organelor interne și nici procesele fiziologice reflexe care au loc în ele. Impulsurile viscerale se pot însă transforma în orice moment în informație declanșatoare principală (atunci cînd curba homeostaziei este puternic încălcată).

Cercetările electrofiziologice ale lui Adrian (1935), Gernandt (1946), Fulton (1947) au stabilit că stimularea mai puternică a fibrelor aferente ale sistemului visceral determină o succesiune de potențiale de vîrf mici, cu direcție de deplasare centripetă.

Gernandt și Zotterman (1946), aplicînd mezenterului stimulări meca-

nice slabe, au înregistrat în nervul splanhnic unde de vîrf mari, cu viteze care se încadrează în limitele grupului A beta.

Potrivit datelor lui Amassian (1951), Jung, Greutzfeldt și Grüsser (1957), Sarkisov (1964), numai fibrele din grupa A beta și A delta dau proiecții în scoarța cerebrală. Deci ele trebuie considerate ca cea de a doua verigă componentă (de transmisie) a analizatorului visceral.

Reprezentanța corticală a acestui analizator nu a fost încă clar delimitată. Excitarea n. splanhnic determină apariția unor potențiale pozitive tipice de suprafață în girusul postcentral contralateral (Amassian, 1951). La rîndul său, excitarea capătului central al n. pelvic provoacă răspunsuri bioelectrice mici în partea medială a cortexului somatosenzorial, acolo unde sînt proiectate și impulsurile tactile din segmentele sacrale (Penfield și Rasmussen, 1950).

La pisică au fost stabilite puncte ale scoarței a căror stimulare provoacă modificări în circulație, respirație și în motilitatea tubului digestiv. Cercetările morfologice nu au descoperit însă particularități specifice ale acestor zone. Se presupune că zonele premotorii ale emisferelor cerebrale participă în diferențierea excitanților mecanici adecvați, de intensitate mică, ai stomacului și intestinelor. Cu toate acestea, extirparea bilaterală la cîine a zonelor premotorii nu a dus la abolirea „capacității" de elaborare a reflexelor condiționate interoceptive (S. Galperin, 1960).

În mecanismul general de producere a senzațiilor organice un rol important îl joacă centrii hipotalamici și rinencefalici. În funcție de starea excitabilității lor (crescută sau scăzută) se produc exarcerbări sau diminuări îndeosebi în sfera comportamentului alimentar și sexual (Clarck, 1935, 1950, Delgado și Anand, 1953, Higgins, Mahl, Delgado și Hamlin, 1956).

Studiul legăturilor anatomice dintre zona limbică și creierul intermediar, studiul dezvoltării structurii acestei zone în filo și ontogeneză (Tzind, 1959), Zambrjițki, (1958, 1959) precum și rezultatele electroencefalografiei obținute în cadrul cercetărilor experimentale asupra funcției ei (Lennox, 1945, Smith 1945, Kremer, 1947, Ward, 1948) au arătat că ea reprezintă substratul analizatorului interoceptiv și are mare importanță în reglarea funcțiilor viscerale.

2
Activitatea reflexă a sistemului visceral

Potrivit clasificării date de I. P. Pavlov, totalitatea actelor reflexe care se produc la nivelul organelor interne prin intermediul mecanismelor de comandă corespunzătoare, formează sfera activității nervoase inferioare. Rolul său adaptativ rezidă, în primul rînd, în asigurarea unității funcționale în interiorul organismului și a constanței relative a parametrilor biologici fundamentali. Ea se caracterizează prin următoarele legități principale: *ciclicitatea*, *sintetismul* și *reciprocitatea*.

Sintetismul desemnează acea particularitate a activității nervoase inferioare de a se restructura în ansamblul său în urma modificării ritmului funcțional sau rezecției unui organ intern sau altuia. Această restructurare își pune amprenta pe conduita generală a organismului, determinînd modificări corespunzătoare în sistemul schemelor de reacții. Astfel, de exemplu, dacă la un cîine se îndepărtează integral stomacul, după vindecarea ranei se înregistrează o modificare adaptativă a comportamentului alimentar. Animalul manifestă un puternic „simț al mătăsurii": va mînca într-un ritm mai lent și în porții mai mici, dar mai dese, potrivit volumului rezervorului său.

Ciclicitatea indică modificarea intermitentă a intensității impulsurilor declanșatoare, în funcție de starea biologică generală a organismului: succesiunea trebuințelor organice, efortul fizic sau emoțional la care este supus organismul etc.

Reciprocitatea exprimă modificarea tonusului și ritmului funcțional al unui organ intern sub influența impulsurilor excitatorii de la alte organe. Cu alte cuvinte această legitate se referă la interacțiunea dintre diferitele verigi componente ale sistemului visceral aferent. Ea are o importanță excepțională pentru asigurarea și menținerea echilibrului stabil al organismului. „Constantele" biologice de bază se determină după raporturile funcționale dintre totalitatea organelor interne. Dinamica lor trebuie să aibă un astfel de caracter încît, dacă valoarea unei variabile crește, valoarea celorlalte trebuie să scadă cu cîte o cîtime corespunzătoare — și invers. Dacă notăm cu t_0 momentul inițial corespunzător valorii x a unei variabile viscerale oarecare și cu t_1 momentul următor, care indică creșterea valorii x cu o anumită cîtime $(+\Delta x)$, atunci se poate presupune că variabila invers corelativă se va micșora cu o cîtime corespunzătoare „$-\Delta x$" și se va deplasa în momentul

t_{-1}. În ultimă instanță, între limitele $+\Delta x$ și $-\Delta x$ se va stabili un nivel constant, în cadrul sistemului general al organismului, relativ independent de timp. Aceasta este expresia negentropiei sistemului cibernetic cu autoreglare al organismului. Firește, fiecare subsistem visceral își are caracteristicile sale funcționale proprii; într-un sens se poate spune că au un caracter închis. Deci nu este vorba de o egalitate a valorilor parametrilor cantitativi ai lor, ci de o anumită proporție a cărei încălcare s-ar răsfrînge negativ asupra capacității adaptative a organismului.

În cadrul structurii unitare a activității nervoase inferioare se pot relativ delimita trei categorii de reflexe: viscero-viscerale, visceromotorii și viscero-senzoriale. Această schemă epuizează totalitatea reflexelor necondiționate și condiționate care au la bază impulsurile de la nivelul organelor interne iar ca efect — reacții specifice ale organelor interne înseși, reacții ale aparatului locomotor și reacții în sfera celorlalte organe de simț (cutanat, vizual, gustativ, olfactiv etc.).

Fără îndoială, cele mai importante trebuie considerate primele. Ele au o legătură intimă cu procesele metabolice și cu funcțiile vegetative în general — digestia, circulația, respirația, secreția și excreția atît în stare normală, cît și în patologie (Danielopolu, 1930). Aci trebuie să distingem pe de o parte, actele reflexe locale, adică acelea care au loc în cadrul organului nemijlocit stimulat (ex.: stimularea mucoasei gastrice cu agenți mecanici sau chimici provoacă contracții ale musculaturii pereților stomacului, secreții ale unor glande etc.) iar pe de alta — actele reflexe ale unui organ intern, ca urmare a excitării unui alt organ (ex. excitarea stomacului provoacă creșterea presiunii sanguine concomitent cu încetinirea contracțiilor miocardului; mai mult, prin distensia mecanică a stomacului în sistemul cardiac se produc și modificări mai profunde de ordin biochimic (Nello, 1954). Astfel, cunoscutul reflex inhibitor gastro-cardiac al lui Goltz, este doar cea de a doua fază a complexului mecanism de influență a sistemului gastro-intestinal asupra celui cardio-vascular. La rîndul lor, excitările care se produc în cadrul sistemului cardiac provoacă reacții reflexe în sfera sistemului gastro-intestinal. O serie de autori — Riumin (1950), Starțev (1956), Moghendovici (1957) au stabilit că impulsurile excitatorii care iau naștere la nivelul miocardului provoacă reacții motorii ale stomacului. Asemenea reflexe „extrapolate" se produc și în cadrul interacțiunii dintre aparatul gastro-intestinal și cel urinar, dintre aparatul respirator și cel circulator etc. și ele contribuie la reglarea proceselor biofiziologice generale din organism.

Celelalte două categorii de reflexe viscero-motorii și viscero-senzoriale

pot fi considerate derivate sau însoțitoare. Ele sînt expresia dependenței tonusului activității generale a organismului — atît a verigii eferente cît și a celei aferente — de parametrii mediului intern. În același timp, constituie veriga de legătură dintre componentele activității nervoase inferioare și ale celei superioare.

În funcție de nivelul la care se organizează, de semnificația biologică și de intensitatea impulsurilor declanșatoare reflexele se asociază sau cu o stare psihică subconștientă sau cu una conștientizată. La capătul lor, apar în mod ciclic, avînd o dinamică specifică, senzațiile organice cunoscute.

3
Senzațiile organice

Sub denumirea de organice reunim totalitatea senzațiilor (de foame, de sete, erotice, de durere) care iau naștere ca urmare a acțiunii impulsurilor de la nivelul organelor interne. Prin urmare, spre deosebire de celelalte modalități senzoriale care reflectă proprietățile obiective ale stimulilor specifici, ele reflectă preponderent modificările de ordin biofizic, biochimic și fiziologic ale diferitelor organe interne. Astfel, una din particularitățile lor distinctive este absența obiectualității. Ele nu raportează subiectul spre un obiect oarecare, ci spre o stare din interiorul organismului. Ceea ce se impune pe primul plan în imaginea senzorială nu este stimulul material ca atare, ci o modificare fiziologică specifică. Din această cauză, senzația organică mai este denumită „oarbă". Se subliniază astfel absența funcției ei cognitive (în sensul propriu al cuvîntului). Întrucît, componenta informațional-cognitivă este slab exprimată, în senzațiile organice primează latura afectivă. Ca urmare, ele se trăiesc mai degrabă ca stări subiective sui generis, cu caracter generalizat, decît ca acte de cunoaștere orientate.

Semnalizînd anumite nevoi sau trebuințe ale individului ca organism biologic, dinamica lor este nemijlocit integrată în dinamica acestor trebuințe. După cum se știe, orice trebuință organică are o structură dublă: o latură obiectivă, care rezidă în apariția unor modificări reale în mediul intern al organismului de genul insuficiențelor, incompatibilităților, intoleranțelor etc., și o latură subiectivă, care presupune transformarea impulsurilor fiziologice în senzație specifică.

Prin urmare, senzația organică este expresia laturii active a trebuinței. În această ipostază ea mediază sau declanșează acte de comportament de natură să ducă la satisfacerea trebuinței date. În calitate de impuls intern spre acțiune, senzația organică generează dorința, ca factor de unire a ,,stării de necesitate'' cu obiectul adecvat, din care va izvorî, în ultimă instanță, actul comportamental corespunzător de satisfacere. În cazul cînd senzația organică reflectă o stare nocivă ea declanșează în sens invers reacții reflexe de apărare. Avînd un pronunțat caracter afectiv, în cadrul dinamicii generale a trebuinței pe care o semnalizează, senzația organică favorizează o gamă largă de trăiri.

În general, acestea se întind între capetele extreme ale registrului: plăcut-neplăcut, agreabil-dezagreabil, suportabil-insuportabil. În funcție de intensitatea și natura fiecărei trăiri, se produc modificări psihofiziologice cu efect pozitiv sau negativ în structura de ansamblu a sistemului subiectului. Trebuie presupus că senzația organică reprezintă o informație de tip regulator. În structura trebuinței ea este inclusă ca moment al unui feedback negativ. Adică, se stabilește o relație recurentă între intensitatea și stabilitatea ei în timp, pe de o parte, și parametrii stării funcționale a subansamblului visceral, pe de alta. Circuitul trebuie să funcționeze după următorul algoritm: apariția insuficienței sau nevoii biologice declanșează senzația corespunzătoare; aceasta, la rîndul ei, mediază efectuarea unor acte comportamentale de ,,redresare'' sau de satisfacere a nevoii date; pe măsură ce nevoia devine satisfăcută, prin impulsuri de comandă frenatorii se determină slăbirea treptată și dispariția senzației organice. În cazul unei tulburări patologice, se poate produce o disociere funcțională între latura obiectivă și cea subiectivă a trebuinței; atunci ciclul descris mai sus se perturbă. În general, sînt posibile două situații: a) apariția insuficienței sau nevoii biologice obiective nu este reflectată în planul subiectiv, adică nu duce la declanșarea senzației organice. Ca atare, subiectul nu simte foamea sau setea, deși organismul său are nevoie acută atît de hrană, cît și de apă. Absența senzației ca semnal face imposibilă și desfășurarea actelor comportamentale menite să ducă la satisfacerea trebuinței b) senzația organică capătă o persistență exagerată în timp, ea continuînd și după ce, obiectiv, trebuința a fost satisfăcută: subiectul se plînge tot timpul de foame sau de sete. Chiar în starea normală sînt posibile o serie de oscilații ale intensității și duratei senzațiilor organice, în funcție de particularitățile constituționale și psihofiziologice ale indivizilor. Astfel, la unii ele se pot manifesta cu multă forță, determinînd modificări serioase ale parametrilor biologici generali (Auzim adesea pe unii spunînd: ,,mi-e foame de aș mînca și lemne'' etc.); la

alții ele ating un nivel de intensitate mai scăzut, o perioadă de latență mare și o durată mică în timp, iar odată apărute pot fi relativ ușor frînate și stăpînite (asemenea inși pot răbda ore în șir de foame, fără ca prin aceasta activitatea pe care o desfășoară să sufere prea mult).

În general, una din caracteristicile senzațiilor organice ordinare (excluzînd, deci senzațiile extraordinare — durerea viscerală) constă în aceea că pot fi subordonate controlului și reglării voluntare. Aceasta sub două aspecte: 1) al diminuării și inhibării în cazul cînd sînt prea puternice, tinzînd să aibă efect perturbator asupra activității, și cînd nu există momentul sau condițiile propice pentru satisfacerea trebuinței pe care o semnalizează; 2) al accentuării sau reactualizării în cazul cînd sînt prea slabe sau cînd au fost inhibate anterior. Prin urmare, este eronat să se afirme caracterul absolut autonom al dinamicii acestei categorii de senzații și forța lor oarbă îndreptată împotriva structurilor conștiente, așa cum procedau, de exemplu, reprezentanții hormismului și freudismului. Esența și semnificația reală a oricărui gen de senzații organice nu pot fi analizate și înțelese decît integrîndu-le unitar în structura biosocială generală a omului. Așa după cum trebuințele pe care le deservesc ele au suferit de-a lungul evoluției istorice profunde restructurări, care le-au făcut să depășească limitele biologicului pur, tot astfel se poate vorbi și despre o condiționare socială a structurii și dinamicii senzațiilor organice. Desigur, însă, rolul lor fundamental rămîne acela de reglare a sistemului organismului sub raport biologic, dar în măsura în care sînt legate de relația „tensiune-relaxare", ele se includ în dinamica de ansamblu a personalității.

Senzația de foame. Foamea reprezintă un semnal care exprimă nevoia organismului de hrană. În această calitate, ea are o structură complexă, este o stare internă cu caracter generalizat, care se răsfrînge asupra tuturor verigilor componente ale organismului. De aceea, în planul reflectării subiective ea este legată de apariția unei multitudini de senzații și trăiri afective. În cadrul lor trebuie să distingem senzația de foame propriu-zisă, ca semnal dominant, care mediază actele comportamentului alimentar, și senzații însoțitoare, generate de impulsurile care iau naștere la nivelul altor organe și țesuturi decît cel digestiv și care vin să accentueze senzația de foame. Trebuie presupus că în măsura în care fiecare organ sau țesut, pentru a-și menține integritatea morfo-funcțională, are nevoie de energie (hrană), în mod firesc trebuie să semnalizeze direct sau indirect situația fondului său energetic actual.

De aceea, la conturarea stării de foame ca trebuință, concură, într-o măsură sau alta, fiecare organ în parte. De aci nu decurge însă că recep-

torii care stau la baza senzației de foame sînt răspîndiți pe suprafața tuturor țesuturilor și organelor. Este logic să presupunem că ei trebuie să se găsească în cadrul acelui sistem care prin destinația sa funcțională poate satisface comenzile de hrană ale celorlalte organe.

Starea psiho-fiziologică de foame a făcut obiectul a numeroase cercetări. Cele mai multe controverse le-a generat problema verigii ei aferente, adică a impulsurilor care duc nemijlocit la apariția senzației. Inițial, se considera că senzația este provocată de simplul fapt al golirii stomacului. O asemenea ipoteză se întemeia cu precădere pe datele observației cotidiene: slăbirea senzației de foame prin comprimarea stomacului, prin strîngerea încingătorii etc. Investigațiile experimentale și clinice minuțioase, efectuate ulterior (Cannon, 1927, Orbeli, 1925—1928, Rosenblueth și Cannon — 1934, Bîkov — 1944, Wiggers — 1944 ș.a.) au dovedit însă că senzația de foame nu poate fi pusă pe seama golirii stomacului, deoarece ea apare, de regulă, mult mai tîrziu, după ce s-a produs „descărcarea" stomacului. Pe de altă parte, ea poate să apară și în cazul cînd stomacul este încă plin, dacă se injectează peptone direct în sînge.

În lumina acestor fapte, teoriei periferice i-a fost opusă o teorie centrală (Schiff, 1921, Penfield și Erikson, 1942, Pottenger, 1944, Nello, 1956 ș.a.). Potrivit acestei teorii, impulsurile care duc la apariția senzației de foame sînt generate de modificarea compoziției chimice a sîngelui, în urma flămînzirii generale a organismului. Ele, prin sistemul aferent corespunzător, influențează direct asupra creierului, făcînd să apară astfel senzația de foame, care numai după aceea se proiectează la nivelul stomacului. Într-adevăr, se poate socoti cert faptul că golirea stomacului, în sine, nu poate duce la senzația de foame și că în mecanismul acesteia un rol important îl joacă chimismul sîngelui. Totuși, dacă admitem că aparatul digestiv este acela care trebuie să ducă la transformarea adecvată a substanțelor alimentare, în așa fel ca ele să devină asimilate și să ducă la înlăturarea insuficienței energetice a organismului, atunci nu se poate exclude prezența impulsurilor aferente de la nivelul acestui aparat în structura torentului general de impulsuri care generează, pînă la urmă, senzația specifică de foame. Nu poate fi nicicum nesocotit rolul receptorilor care se găsesc în mucoasa gastrică și la nivelul musculaturii netezi din pereții stomacali. Ei semnalizează în permanență centrilor nervoși ierarhici nivelul și caracterul conținutului actual al stomacului.

Experimentele efectuate de Cannon și Washburn (1943), care au înregistrat cu ajutorul unui balon introdus în cavitatea stomacală contracțiile pereților stomacului, dovedesc destul de elocvent faptul că

în mecanismul care duce la apariția senzației de foame, un rol esențial îl joacă mișcările peristaltice. Rămîne însă de elucidat ce anume provoacă aceste mișcări. Bazîndu-se pe o serie de date experimentale ale lui Carlson, Cannon a emis ipoteza potrivit căreia, ele ar fi generate de un automatism local. Müller consideră că ,,dimpotrivă'', ele ar fi declanșate de impulsuri de comandă expediate de creier, sub influența modificării chimismului sanguin. Se lasă astfel să se înțeleagă că senzația de foame este provocată de starea generală a organismului prin intermediul contracțiilor locale ale stomacului.

În sfîrșit, mai amintim teoriile glucostazice și termostazice, care leagă geneza impulsurilor ce ,,declanșează'' starea de foame de scăderea procentului componentelor glucidice sau de ajungerea proceselor de ardere la un anumit punct critic. Ele se bazează pe experimente fiziologice (administrarea unor substanțe chimice care modifică acești doi parametri) și pe observații clinice.

Din punct de vedere psihologic, este necesar ca în structura senzației de foame să deosebim două aspecte și anume: *apetitul* și *impulsul* spre acțiune. Apetitul este acea stare psihofiziologică specifică care exprimă ,,atracția'' pentru hrană. El se leagă strîns de experința alimentară anterioară a individului, în cadrul căreia rolul principal revine componentelor afective de selecție (acceptare și respingere). Deci are o natură reflex-condiționată, elaborîndu-se într-un chip individual, în funcție de specificul regimului alimentar în cursul ontogenezei. După cum arăta Cannon, apetitul se naște întotdeauna din trăirea unor plăceri prealabile. Aceasta face ca el să aibă o puternică bază de reflexe condiționate, gastro-intestinale asociate. Ca urmare, starea de apetit se stimulează nu numai de ingerarea directă a hranei, ci și de o serie de semnale de altă natură: vizuale, olfactive, auditive. Acestea dobîndesc, în urma diferențierii îndelungate, un caracter selectiv. Astfel, apetitul va fi stimulat numai de acele semnale care indică prezența unui aliment plăcut sau preferat. Se știe, de pildă, că vederea sau mirosul unui aliment neplăcut sau nepreferat în momentul dat, în loc de apetit, stîrnește o reacție de repulsie.

Se pare, că putem vorbi de un apetit global, nediferențiat și de unul cu caracter particular, preferențial. Primul exprimă o predispoziție favorabilă, pozitivă a organismului față de mîncare în general. El este cel mai frecvent întîlnit și stă la baza reglării metabolismului global. Cel de al doilea, dimpotrivă, exprimă predispoziția organismului pentru dobîndirea și ingerarea unui anumit aliment, implicînd ca să spunem așa, satisfacerea unei plăceri. Dinamica dintre apetitul global și cel preferențial este condiționată de doi factori importanți:

starea „sensibilității alimentare" generale a organismului (adică gradul de flămînzire) și caracterul regimului alimentar (respectiv, gradul lui de variabilitate în timp și gradul de complectitudine). Astfel, se poate spune că creșterea nivelului „sensibilității alimentare" generale sau accentuarea gradului de flămînzire a organismului și variabilitatea regimului alimentar favorizează, cu precădere, manifestarea apetitului global; gradul redus de flămînzire și monotipia regimului alimentar favorizează, cu precădere, apetitul particular. Desigur, aceste corelații nu au un caracter rigid și absolut. Raporturile dinamice dintre cele două tipuri ale apetitului pot îmbrăca forme mai variate.

În orice caz, lucrul care trebuie subliniat rezidă în aceea că apetitul constituie o stare psihică care mediază gradul de asimilare a hranei de către organism, ciclul alimentar și cantitatea de hrană pe care o solicită organismul.

Cel de al doilea aspect al senzației de foame — impulsul spre acțiune — reprezintă, dacă ne putem exprima astfel, barometrul ciclului metabolic. Cu alte cuvinte, impulsul alimentar din structura senzației de foame ne informează că a sosit momentul să mîncăm. El pune în stare de pregătire, pe de o parte aparatul digestiv pentru a primi în condiții fiziologice optime hrana, iar pe de altă parte, sistemele instrumentale (comportamentale) ale organismului capabile să obțină cele necesare satisfacerii trebuinței alimentare.

Senzația de foame ca impuls își face simțită prezența nu prin manifestarea în sine, ci printr-o serie de reacții și acte reflexe pe care le declanșează: agitație, stări de intoleranță etc. Ea se integrează deci, în calitate de informație declanșatoare dominantă, într-un tablou comportamental specific, pe care ea și l-a creat și pe care ea îl reglează.

Dacă ar rămîne doar ca o simplă stare, neraportată la anumite acte instrumentale sau lipsită de verigi executive, senzația de foame ar fi cu totul insuficientă pentru realizarea actului alimentar.

Senzația de sete. Este expresia fenomenelor de deshidratare care se produc în organism, a scăderii procentului de apă. Ca și cea de foame, ea are o structură complexă, fiind asociată cu o multitudine de reacții reflexe și trăiri.

Se consideră că senzația de sete este provocată nemijlocit de un oarecare grad de deshidratare a mucoasei faringiene și bucale. Ca argument în favoarea acestei ipoteze se aduce faptul că umezirea buzelor sau stimularea pe cale chimică a secreției salivare duce la atenuarea sau dispariția pentru un moment a senzației de sete. Cel mai corect este însă să considerăm că senzația de sete este condiționată de starea generală a

organismului, iar în conturarea şi individualizarea ei un rol esenţial revine impulsurilor aferente de la nivelul faringelui şi mucoasei bucale.

Cînd intensitatea acestei senzaţii atinge un nivel ridicat, ea determină modificări reflexe deosebite ale stării organismului: contracţii ale laringelui, mişcări spastice care duc la frecvente reacţii de înghiţire, intensificarea tonusului muscular etc. Toate acestea îndeplinesc, pe de o parte, un rol de apărare, iar pe de alta, reprezintă semnale de alarmă suplimentare pentru satisfacerea trebuinţei de apă a organismului. Starea de sete este incomparabil mai greu suportabilă de către organism decît starea de foame. De aceea, şi forţa ei declanşatoare este mult mai puternică.

XII

SENSIBILITATEA DUREROASĂ

1

Caracterizare generală

Durerea semnalizează într-un fel sau altul orice atentat la existența organismului, ca un tot, ca un sistem aflat în continuă echilibrare funcțională. Excitanții externi sau interni care afectează integritatea somatică și echilibrul funcțional provoacă durerea, care ne apare ca un semnal de alarmă, ca o reacție de apărare și conservare. Sub acest raport, durerea este biologic utilă, ea are semnificația unui avertisment necesar pentru adoptarea imediată a unor măsuri de protecție. Senzația algică este totdeauna penibilă, dar în același timp și imperativă. Depresiunea provoacă reactivare, dezechilibrul obligă la tentative de reechilibrare.

Semnalul dolorific nu poate să fie perceput în chip indiferent, conținutul său informațional se asociază spontan cu emoția. Durerea este cea mai afectogenă dintre toate senzațiile. Aceasta pentru că ea anunță schimbarea împrejurării de viață, informează despre pericolul care amenință viața însăși. În situații critice, componenta emoțională este atît de puternică încît maschează, estompează, absoarbe pe cea propriu-zis senzorială. Este ceea ce a făcut pe unii dintre autori să afirme că de fapt durerea nu este o senzație, ci o emoție (H. Piéron). Definiția de stimul nociceptiv aparține lui Sherrington.

Durerea realmente reflectă stimulul ca atare și acțiunea lui dăunătoare. Nu poate fi contestată baza informațională, propriu-zis senzorială a durerii. Berkenblit (1949) provoacă durere prin excitare cu curent continuu sau alternativ și demonstrează că senzația dureroasă este strict dependentă de caracteristicile stimulului. În cazul unei traume mecanice, durerea reflectă și proprietățile obiectului și acțiunii traumatizante. Aceasta se datorește îndeosebi faptului că durerea furnizează și o informație spațială. Principalul, însă, în sensibilitatea dureroasă este informația cu privire la caracterul procesului destructiv produs

într-o regiune periferică sau profundă. Uzînd de relatarea bolnavului, cerîndu-i acestuia să-şi descrie cît mai exact durerea, medicul încearcă să desprindă informaţii cu privire la însăşi structura funcţională a procesului patologic.

Inflamaţia, distensia, blocajul, presiunea exterioară, apariţia de corpusculi eterogeni într-un organ, se reflectă într-un chip relativ diferit în senzaţiile algice. Nu trebuie însă să se exagereze, în ceea ce priveşte valoarea informaţională a durerii. Sensibilitatea dureroasă este de fapt destul de primitivă întrucît de cele mai multe ori porneşte de la segmente inferioare ale sistemului nervos şi întîmpină importante dificultăţi în ceea ce priveşte integrarea corticală. Pe lîngă deficienţele de structurare ale reţelei neuronale ce detectează agenţii nociceptivi mai intervin, de regulă, şi starea de stress în care ajunge subiectul, ceea ce reduce şi mai mult posibilităţile de analiză şi sinteză corticale. Chiar în cazul unor stimulaţii algice periferice, pot să intervină confuzii. Lewis (1942) relatează că un individ legat la ochi nu poate diferenţia durerea produsă de o înţepătură de ac, de un vîrf cald, o stimulare electrică punctiformă, de smulgerea unui păr, cu condiţia expresă ca celelalte senzaţii nedureroase ce o însoţesc să nu dea subiectului indicii suplimentare despre natura agentului stimulator.

Senzaţiile dureroase periferice au cel puţin avantajul de a fi mai bine localizate. În genere, cu cît acţiunea unui agent nociv are loc într-o zonă mai profundă cu atît mai dificilă devine localizarea. Localizarea fiind deseori vagă, durerea dobîndeşte un caracter difuz, surd, uneori pendulatoriu. La aceasta contribuie pe lîngă deosebirile de reţea neuronală de la periferie şi din profunzime şi faptul că asupra zonei periferice se poate exercita şi un control exteroceptiv. Ceva mai bine structurate sînt senzaţiile dolorifice din punctul de vedere al parametrilor temporali. Aceasta şi pentru că sensibilitatea dolorifică se adaptează cel mai greu. Odată declanşată, durerea nu numai că nu are o tendinţă spre depresiune, spre inhibare, dar poate să se prelungească şi dincolo de durata reală a acţiunii agentului nociv.

Trebuie menţionat faptul că nu toate procesele destructive ce se produc în organism sînt semnalizate pregnant prin durere. Este cunoscut cazul unor tumori maligne care evoluează pînă într-o fază de gravitate extremă fără a suscita durere; în acelaşi timp, la unele persoane se declară dureri alarmante şi insuportabile în urma unor leziuni lipsite de o mare importanţă biologică. Aceste situaţii paradoxale sînt nu numai rezultatul inducţiilor emoţionale, ci derivă în primul rînd din organizarea imperfectă a reţelei de semnalizare algică.

2
Formele durerii

Neurofiziologia contemporană a stabilit în mod categoric că sensibilitatea algică nu este unitară. Ea se bazează pe diverse sisteme morfofuncționale ce prezintă particularități aparte. Aceasta ne permite să vorbim despre mai multe submodalități de recepție dolorifică.

Se disting patru tipuri de durere: 1. superficială sau cutanată; 2. profundă, muscular-articulatorie; 3. viscerală; 4. centrală. S-a considerat mult timp că întrucît nu există receptori specializați ai durerii, excitația dolorifică este condusă prin terminațiile nervoase libere, deci prin fibrele nemielinizate de tip C. Acest punct de vedere a fost susținut și prin celebrul experiment al lui Head, care a elaborat conceptul de sensibilitate protopatică. Douglas și Ritchie (1957) au stabilit însă că nu toate fibrele amielinice conduc durerea. În schimb o serie de autori arată că și celelalte fibre de tip A, B și D parțial sau integral, totdeauna sau numai în anumite situații, sînt conductoare ale excitației dureroase caracterizate prin descărcări asincrone. Shelley (1955, 1957) consideră că impulsurile în caz de durere puternică sînt conduse pe fibră fără mielină. În genere, fibrele C generează un tip de durere cu nuanță de arsură, spre deosebire de alte fibre care conduc un excitant ce creează o senzație de durere cu caracter acut și de scurtă durată. Faptul că excitația dureroasă este condusă pe fibre de diferite diametre este demonstrat prin deosebirile în perioada de latență a senzațiilor dureroase.

Încă Thunberg (1901, 1905) observă că reacția dureroasă la injecție are două faze: una condiționată de excitarea nemijlocită a terminației nervoase, iar cealaltă de excitarea receptorilor cu o mult mai mare perioadă de latență (transmisie lentă).

Alrutz (1901) deosebea două tipuri de durere: primară și secundară sau amîndouă. Prima este strict localizată, a doua este iradiată.

Jones (1938), Morley (1931), White (1943) au dovedit că același excitant provoacă o dublă senzație de durere: una rapidă și alta mai întîrziată. Prima durere este scurtă și pătrunzătoare și a doua mai prelungită și profundă. Intervalul dintre cele două senzații dureroase poate fi calculat matematic prin diferențele între vitezele de conducere ale fibrelor C și A. Lewis și Pochin (1957) au arătat că intervalul de timp dintre senzația primară și cea secundară de durere se prelungește pe măsură

ce crește distanța nervului între punctul stimulat, de sistemul nervos central.

Acest fapt în opinia autorilor demonstrează existența a două căi pentru transmiterea durerii cutanate și anume a unei căi rapide și a alteia lente. Datele experimentale comunicate de ei arată că intervalul de timp între cele două răspunsuri este de 1,9 sec. cînd stimulul este aplicat pe policele piciorului, de 1,3 sec. la genunchi și numai de 0,9 sec. la limita superioară a coapsei.

Semnificative pentru procesele de excitare dolorifică periferică sînt senzațiile complexe ale gîdilatului și mîncărimei. Best și Taylor consideră că senzația de gîdilat este mixtă și rezultă din sumarea efectelor stimulării terminațiilor de tact și de durere. Nu este însă clar dacă pruritul reprezintă un fenomen similar. Subiectiv acesta apare ca o senzație vădit neplăcută și însoțește de regulă durerea mai stabilă. Mîncărimea apare în zona limitrofă unei leziuni ușoare sau în timpul vindecării unei leziuni mai grave. În piele s-a descoperit un mare număr de axoni care prezintă fenomene de degenerare sau regenerare. S-a constatat că cel puțin unul din o mie de axoni parcurge un astfel de proces. Aceasta poate fi în legătură cu distribuția punctiformă a senzației de mîncărime (Shelley și Arthur, 1957). Unii autori consideră că pruritul este un tip temporal de durere, al cărei sens tinde să succeadă excitanților, ca o postacțiune. Wedell, Palmer, Taylor (1963) au constatat că deși se poate produce în orice zonă a pielii, mîncărimea se poate produce mai ușor în urma excitării (chimice, electrice sau mecanice) a zonelor mai bogat inervate. Pruritul nu poate fi totuși redus numai la durere, întrucît el nu se păstrează odată cu suspendarea sensibilității tactile (prin aplicarea unei măști pneumatice). Rothmann și Shelley (1957) susțin că mîncărimea este identică în calitate cu durerea protopatică, deosebirea constînd în intensitate. Zotterman (1939) constată că impulsurile care stau la baza pruritului sînt conduse prin fibrele nervoase din grupul C. Wedell (1959) socotește că deosebirea între durere și prurit depinde de modul de integrare a impulsurilor. Adrian (1959) se întreabă dacă deosebirea dintre gîdilat și mîncărime nu constă doar în aceea că primul apare în urma unei stimulații active iar cea de a doua în urma unui proces pasiv. În orice caz prezența unor forme de sensibilitate mixtă tactilo-dureroasă sau minor dureroasă cu aparență tactilă, demonstrează că la un nivel scăzut al stimulației, excitația este difuză, nediferențiată. Individualizarea durerii periferice presupune depășirea unui prag și în acest caz celelalte forme de sensibilitate cutanată se inhibă.

Căile de conducere ale impulsurilor dureroase din zonele cutanate, proprioceptive, şi viscerale sînt după opinia celor mai mulţi dintre autori aceleaşi sau aproximativ aceleaşi ca şi pentru celelalte forme de sensibilitate cutanată, musculară şi viscerală. Astfel, impulsurile dureroase din regiunea cutanată inervată de fibrele aferente ale rădăcinilor posterioare (fiecare fiind legată de o zonă, numită dermatom) ajung pînă la substanţa cenuşie a coarnelor posterioare. De aici, fibrele nervoase pătrund pînă în substanţa albă a cordoanelor laterale formînd tractul spino-talamic lateral, ale cărui fibre se termină în nucleii talamusului. Un drum similar au şi căile aferente musculare, dar unele din acestea merg prin nervii vegetativi. În ce priveşte durerea viscerală ca de altfel şi cea provenită din structurile somatice profunde şi din vase, nu este mediată de fibre vegetative.

Ruch consideră că impulsurile care deservesc durerea viscerală sînt conduse mai cu seamă de nervii simpatici. La aceştia se adaugă şi nervul pelvic, parasimpatic, prin care sînt conduse impulsurile de la vezică şi colon. S-a emis şi presupunerea (Grimsch, 1947 şi alţii) că şi nervul vag este apt pentru transmiterea impulsurilor dolorifice. Este indiscutabil faptul că durerea viscerală este tributară şi unei aferentaţii somatice. În multe situaţii, aferentaţia propriu-zis viscerală şi cea de la organele musculare se întretaie prilejuind fenomenele de proiectare a durerii sau de referire a ei în zone somatice neaşteptate.

Durerea centrală îşi are sursele în leziuni situate în măduva spinării, trunchiul cerebral sau chiar în emisferele cerebrale. Dacă este vorba de leziuni ale tractului spinal înţelegem cu uşurinţă mecanismul de integrare în instanţele superioare. Mai greu este să descifrăm mecanismele durerii talamice sau cerebrale. Presupunem însă că integrarea senzaţiei dureroase se efectuează în alţi centri decît cei care sînt practic afectaţi. Riddoch şi Critchley (1937) arată că talamusul reprezintă structura principală a durerii fără localizare, cortexul parietal intervine în localizarea durerii, iar cortexul frontal în aprecierea senzaţiei dureroase (după Arseni şi Oprescu, 1967). Trebuie ţinut seama de asemenea de faptul că ceea ce frecvent este calificat ca o durere centrală nu priveşte în mod direct distrugerea masei neuronale, ci rezultă din afectarea ţesuturilor membranoase şi a vaselor sanguine.

Foarte apropiate de durerea centrală sînt şi fenomenele de durere facială. Kugelberg şi Lindblom (1959) încercînd să explice mecanismele neuro-fiziologice în apariţia acceselor de durere în nevralgia nervului trigemen afirmă că sumarea excitaţiei în decurs de 15—30 sec.

se produce în structurile responsabile pentru durere şi nu în receptor. Pe de altă parte, se creează impresia că starea de excitare creşte treptat şi cînd ea atinge punctul critic apare accesul de durere nevralgică. Accesul de durere de obicei se prelungeşte mult peste excitarea care-l provoacă.

Importantă de amintit în legătură cu aspectele fiziologice ale celor patru modalităţi de reflectare ale durerii este concepţia lui Lewis şi Kellgren. Potrivit acestor autori, bazaţi de altfel pe unele date clinice şi experimentale, există un sistem nervos comun aferent, care deserveşte atît ţesuturile profunde somatice, cît şi pe cele viscerale. Punctul lor de plecare îl constituie constatarea că durerea proiectată poate apare consecutiv atît excitaţiei nervilor somatici cît şi a celor autonomi. Nu ştim dacă mecanismele mai mult sau mai puţin cunoscute ale proiecţiei şi referirii durerii justifică o astfel de prezumţie, însă credem că, în orice caz, ea nu poate fi admisă dacă este să angajăm şi sistemul durerii centrale. Considerăm, în comun acord cu Zotterman, că excitaţia dureroasă poate fi condusă pe orice fel de căi aferente, trebuie însă să apreciem ca fiind încă deschisă problema integrării senzaţiilor centrale dureroase. Nu sînt dubii asupra rolului talamusului în concentrarea şi prelucrarea excitaţiei algice. În legătură cu inexistenţa sau necunoaşterea unui centru de integrare corticală a durerii, rolul scoarţei cerebrale rămîne insuficient definit. Experimentele efectuate de Goltz (1864) au arătat la animalul decorticat că acesta păstrează totuşi, în situaţii de excitare dureroasă, o serie de reacţii fiziologice, care pledează pentru supoziţia că integrarea şi adaptarea grosolană, ca şi reactivitatea la stimulii nociceptivi, se realizează şi la nivelul formaţiunilor subiacente. Aceasta nu ne dă însă şi garanţia existenţei unor senzaţii dureroase. Integrarea corticală, chiar dacă este întotdeauna obligatorie şi necesară, nu se produce însă în toate cazurile elaborării senzaţiei dureroase propriu-zise. Bîkov (1947), Pşonic (1949) au dovedit posibilitatea elaborării senzaţiei dureroase prin condiţionarea la excitanţi nedureroşi, deci în absenţa agentului nociceptiv. De altfel un număr însemnat de fenomene privind variaţiile sensibilităţii dureroase în dependenţă de integrarea şi fixaţia conştientă, pledează pentru teza despre participarea cortexului. Danielopolu (1956) în ultimul dintre studiile sale discută problema naturii corticale sau subcorticale a durerii, oscilînd între cele două soluţii şi pînă la urmă le acceptă pe amîndouă. Se pare că aici intervine problema nivelului la care durerea este semnalizată.

3
Stimuli „dureroşi" şi dinamica durerii

Registrul stimulilor algogeni este foarte larg, cuprinzînd orice fel de stimul extern de o mare intensitate şi în plus o serie de stimuli interni specifici. În primul rînd, sînt de menţionat stimulii mecanici (lovituri, presiune, înţepare, tracţiune) apoi cei fizici — cum ar fi curentul electric, stimulii termici (peste 44,9°C şi sub 0°). Un loc important revine stimulilor chimici cu efect distructiv. Cei mai mulţi dintre aceşti stimuli nu sînt însă fireşti decît pentru durerea periferică şi profund musculară. În cazul durerii viscerale, stimulii algici sînt: distensia bruscă, spasmele, tracţiunile şi distorsiunile vasculare, vasodilataţia şi vasoconstricţia, inflamaţia, iritanţii chimici, presiunea mecanică.

În afară de acestea poate să existe un proces patologic care afectează direct căile sau ganglionii nervoşi, cum este cazul durerilor ventrale şi radiculare. Durerea mai poate fi provocată de un blocaj nervos de o sumaţie a impulsurilor nervoase într-un punct nodal al traseelor aferente. Oricare ar fi însă stimulul declanşator, durerea este mediată prin agenţii chimici interni. Există o majoritate de opinii în ceea ce priveşte faptul că stimularea nocivă produce o secreţie de substanţe biochimice din grupul histaminei, serotoninei, polipeptidelor, bradichininei. În ţesuturile ce suportau durerea s-a constatat o importantă creştere a substanţelor din grupele amintite. Îndeosebi Rosenthal (1939, 1948) a demonstrat experimental că histamina este principalul mediator biochimic al durerii. Shelley şi Arthur (1955) au arătat că şi proteinaza produce o durere uşoară în forma pruritului.

Fenomenele de insensibilitate algică sau de insensibilitate cutanată au fost relevate de Frey încă în secolul trecut. În ceea ce priveşte zonele profunde musculare, articulare, viscerale, fenomenele de insensibilitate sînt mult mai răspîndite. Caracteristic pentru sistemul muscular şi îndeosebi pentru viscere este faptul că ele nu sînt, în genere, algoestezice, ci sînt sensibile numai la anumite moduri de excitare. Mai de mult, chirurgul suedez Lennander constata că organele interne nu sînt sensibile la puncţie, ardere, tăiere. Faptul acesta a fost demonstrat în sec. XVI de celebrul Harvey. În 1911, Herbst a arătat că viscerele dau totuşi efecte dureroase la întindere. Cu timpul s-a dovedit totuşi că şi alte genuri de excitare a viscerelor poate provoca durere. Este o deosebire între testarea experimentală efectuată cu mijloace artificiale şi

durerea provocată de o maladie. În condiții patologice viscerele devin dureroase. O anumită sensibilitate totuși există.

Dacă țesutul viscerelor (inimă, ficat, plămîni) sînt insensibile și nu emit semnale decît în caz de procese distructive profunde, grave, în schimb, toate seroasele parietale (peritoneu, pleure, endocard) sînt deosebit de sensibile la excitanții durerosi. Apropiată de această poziție este teoria lui Ross, care susține existența a două tipuri de durere provenită de la nivelul viscerelor abdominale și anume: durere referată (somatică) și durere viscerală adevărată sau splanhnică (ale cărei caracteristici constau în faptul că este difuză, imprecis localizată, dar resimțită chiar în organ). Mackenzie susține în acord cu Lenander că nu există durere viscerală adevărată, toate procesele de durere sînt referate în zonele somatice. Cartilajele și tendoanele sînt puțin sensibile la durere, în schimb periostul este extrem de dureros. Tot așa venele nu generează durere pe cînd arterele sînt foarte sensibile. Vasoconstricția spasmodică a arterelor provoacă senzații dureroase din cele mai chinuitoare. Mai ales arterele cardiace sînt dureroase. S-a constatat însă că și fibrele musculare ale cordului produc unele senzații vagi, de durere, tip înțepătură. Intestinele fiind în mod normal insensibile, declanșează totuși mari dureri în caz de inflamare. La fel ficatul și splina. Se consideră că durerea viscerală poate fi provocată cu următorii factori: 1. perturbare a circulației sanguine înăuntrul organelor; 2. spasme ale musculaturii netede ale viscerelor; 3. distensia pereților organelor interne cavitare; 4. procese inflamatorii în organe, țesuturi și membrane. Mușchii, tendoanele sînt receptivi la stimulare dureroasă prin agenții chimici.

S-a constatat că injectarea unei soluții clorurosodice 6% într-unul din mușchi provoacă durere. Durerea care apare în mușchiul sănătos după un travaliu fizic susținut este considerată ca fiind datorită acumulării unor substanțe chimice iritante și care acționează asupra terminațiilor dureroase. Prin experimentele sale, Lewis a demonstrat că apariția substanțelor dureroase denumite de el factorul P într-o concentrație care depășește nivelul critic se explică prin perturbații ale circulației sanguine și implicit ale metabolismului muscular. Factorul P este probabil constituit din histamină, potasiu, acid lactic. Dorpat (1952) a provocat dureri musculare acute prin injectare cu potasiu.

Sensibilitatea dureroasă variază în dependență de o serie de factori externi și interni. Căldura, frigul sau umezeala accentuează durerile. Stimularea receptorilor tactili, auditivi și vizuali o reduc. De asemenea un efect tranchilizant îl au emoțiile puternice de orice fel: tristețe, entuziasm, bucurie, furie. Așteptarea și frica, ca și oboseala și insomnia, amplifică durerile. Oboseala profundă însă, o reduce. Pragul sensibili-

tăţii dureroase se ridică în mod variabil în anumite condiţii şi circumstanţe. Astfel, un zgomot puternic, strîngerea în mînă a unor obiecte, strîngerea fălcilor poate ridica — după Best şi Taylor — pragul cu 40%. Aceiaşi autori afirmă că pragul poate fi ridicat prin senzaţii dureroase sau neplăcute în alte părţi ale corpului. Alcoolemia ridică, de asemenea, pragul sensibilităţii dureroase. Experienţa clinică arată că în evoluţia dureriler anumită importanţă au şi orele de zi şi noapte. Durerile legate de contracţii ale musculaturii netede ale organelor interne (stomac, intestin, vezică urinară, rinichi) se intensifică de obicei noaptea. Durerile cefalonevralgice sau cele legate de traumatizarea cronică a articulaţiilor sînt mai puternice dimineaţa, către amiază slăbind. Durerile provocate de febră se intensifică către seară. În genere, durerile se suportă mai greu noaptea, din cauza lipsei excitanţilor deviatori şi a accentuării vasodilataţiei.

4

Modificări psihice şi somatice

Este de remarcat influenţa pregnantă a semnalului dureros asupra activităţii întregului organism.

Orice excitaţie dureroasă provoacă reflex, o serie de reacţii somatice şi vegetative. Dintre acestea, amintim: a. modificări de mimică, prin contracţia muşchilor feţei; b. reacţii verbale: vocalizare, gemete; c. contracţii musculare de apărare: strîngerea fălcilor sau a unui obiect în mînă ridică pragul de percepere al durerii şi deci scade reacţia. De modificările vegetative produse de durere ne vom ocupa mai pe larg. Interesul manifestat atît de teoreticieni cît şi de clinicieni pentru cunoaşterea manifestărilor vegetative ale reacţiei la durere s-a concretizat în numeroase studii şi cercetări.

Numeroase studii au fost dedicate cercetării influenţei excitaţiilor dureroase asupra componentelor morfologice şi însuşirilor fizico-chimice ale sîngelui. Astfel, Cannon şi Mendenhall (1914), Nice, Irwin şi Kraft (1931), iar mai tîrziu în 1951 cercetările analitice ale lui Levit şi Pavlic şi cele ale lui Hetény şi Varga (1954) au pus în evidenţă faptul că sub influenţa excitaţiei dureroase la animale şi la om se schimbă însuşirile fizico-chimice ale sîngelui. Fenomenul este mai puţin evident în cazul durerilor scurte, dar pregnant în situaţiile de durere cronică. El se

exprimă în special prin creşterea vitezei de sedimentare a elementelor figurate ale sîngelui (VSH) şi a coagulabilităţii sîngelui.

Excitaţia dureroasă influenţează sistemul cardio-vascular. Încă din deceniul al 9-lea al secolului trecut, Roy şi Adami (1883), Hunt (1889), Simanovski (1880), iar în epoca noastră Pressman (1939), Elenco (1955), Pavule (1950) şi mulţi alţii, folosind aparatură perfecţionată, au comunicat date care arată modificări ale activităţii cardio-vasculare sub influenţa excitaţiilor dureroase neprelungite (modificări bioelectrice cardiace (ECG), ale pulsului, tensiunii, reducţie a circulaţiei sanguine în organele interne, sensibilitate faţă de hemoragie etc.). Nu se cunosc însă bine influenţele durerilor prelungite.

Suslova (1868), Kahamina (1948), Rusiac şi Szabo (1957) susţin că în condiţii de durere se produc modificări în secreţia limfatică, se constată o mărire a activităţii limfatice. În schimb, concentraţia de albumină întrucîtva se micşorează.

— În ceea ce priveşte aparatul respirator, Gratichet (1865), Secumi (1866), Mosso (1887) au relevat adîncirea inspiraţiei în condiţii de durere. Meyer (1914) a arătat că o excitare dureroasă redusă provoacă hiperpnee cu reducerea conţinutului de bioxid de carbon în aerul alveolar şi mărirea cîtului respirator. Faptul a fost explicat mai tîrziu în 1930 de Golwitzer-Meyer, prin modificarea instantanee odată cu fiecare excitare a metabolismului celulelor nervoase care duc la o deplasare a reacţiei active în direcţie acidă, urmarea căreia este creşterea sensibilităţii centrilor nervoşi, în speţă a celor respiratori.

Smirenskaia (1954) într-un studiu experimental efectuat pe animale a demonstrat că excitarea dureroasă influenţează respiraţia, îngreunînd reanimarea după moartea clinică, mai ales cînd aceasta a fost provocată de hemoragie.

Încă la sfîrşitul sec. al XVIII-lea, Erasmus Darwin arăta că durerea influenţează depresiv asupra proceselor digestive, iar aproape cu un secol mai tîrziu ilustrul fiziolog Claude Bernard (1856) constata că secreţia gastrică este influenţată de durere. Pavlov, creatorul metodei de cercetare a reflexului condiţionat, arăta în 1890 că secreţia salivară a animalului experimentat creşte odată cu excitarea dureroasă. Jappeli (1908) observă în timpul intervenţiei chirurgicale a cîinelui fără narcoză că acesta secreta salivă. Efectuînd experienţe în acelaşi sens, Frolov, acţionînd cu curent faradic, a constatat apariţia salivaţiei, în cazul în care excitantul este intens şi dureros.

Din cercetările întreprinse de Robertson şi Grossman (1950) reiese că excitaţiile dureroase inhibă brusc efectul secretor gastro-intestinal provocat artificial. Iampolski (1957) confirmă această constatare

arătînd că excitațiile dureroase puternice micșorează secrețiile stomacului, ducînd însă și la modificări chimice ale componentelor acestuia.

Excitația dureroasă provoacă inhibarea secreției biliare (Serebrianikov, 1939).

Quigley, Bavor, Read și Brofman (1943) au constatat inhibarea activității de evacuare stomacală sub influența excitanților dureroși, ca și sub influența depresivă asupra peristaltismului intestinal.

Bociarova (1961) comunică despre inexistența modificărilor absorbției în condiții de durere.

Boehm și Hoffmann (1878) sînt primii autori care au descoperit mărirea concentrației zahărului în sînge provocată de excitația dureroasă. Dovezile privind hiperglicemia consecutivă sau simultană excitării dureroase au fost relatate și confirmate de Kelentey și Adler-Hradecky (1957). Nice, Lindsay și Katz — într-o comunicare prezentată la cel de al XIV-a Congres mondial de fiziologie (1932) demonstrau unele schimbări ale elementelor chimice ale sîngelui după excitări emoționale sau dureroase; în esență era vorba de mărirea colesterinei.

În același sens au fost și experiențele lui Felberg (1935) care au demonstrat mărirea compușilor acetonei în timpul durerilor nașterii. Bunatian (1954) a constatat mărirea fracțiilor albuminice în sînge. Alte cercetări au pus în evidență în timpul excitației dureroase o bruscă micșorare a fosforului neorganic (Nice și Katz, 1932), mărirea conținutului de cupru în sînge (Geht, Granșcenkov, 1960). Cercetarea prelevărilor sanguine din timpul excitației dureroase au arătat o reducere a acidului ascorbic (Bunatian, 1951), iar Kaplanski a constatat hipovitaminoză B_1, arătînd însă că tratamentul cu vitamina B_1 duce la o reducere a sensibilității dureroase. În 1923 Grafe și Mayer relevă rolul durerii în intensificarea metabolismului bazal.

Kassil și Plotițina (1936) într-o suită de experimente, efectuate pe animale, au relevat variate modificări în metabolismul cerebral.

Sensibile sînt influențele durerii asupra schimburilor calorice. De notat însă că modificările de temperatură nu sînt univoce, ele producîndu-se atît în sensul creșterii, dar mai ales al depresiunii termoreglării.

Cohheim și Roy (1883) notau o depresiune a funcției renale, în timp ce Kisel (1924) releva anurie sub influența excitației dureroase. Theobald și Verney (1935) în experiențe cronice pe cîine au confirmat datele privind inhibarea diurezei. Mosso și Pellacari (1882) constată la o inducție dureroasă de scurtă durată compresiunea vezicii urinare.

În ceea ce privește modificările secrețiilor endocrine în condiții de durere, cercetări variate au dat rezultate eterogene. Astfel Cannon

(1917) arăta că glandele suprarenale secretă adrenalină, Kodama (1924) arăta că acestea secretă şi histamină. Scribnic (1956) constata o scădere a concentraţiei eozinofilelor provenite din cortexul suprarenal. În ceea ce priveşte influenţa durerii asupra hipofizei, Sokolova (1957) arăta că în aceste condiţii adenohipofiza îşi intensifică secreţia de hormon adrenocorticotrop. Unno (1922) observa mărirea hipofizei la animalele ce suportă durere.

Diverşi autori au ajuns la concluzia că modificarea activităţii umorale odată cu excitarea dureroasă duce la transformarea impulsului scurt şi alternativ dureros în altul prelungit şi continuu şi care asigură astfel restructurarea funcţiilor organismului nu numai în timpul excitaţiei dureroase, dar şi după aceea un anumit interval. Probabil că unele dintre substanţele secretate îndeplinesc şi rolul de radiatori ai durerii. Toate însă contribuie la adaptare.

Durerile existente în timpul gravidităţii ca şi a travaliului la naştere au captat atenţia cercetătorilor, care s-au ocupat cu această problemă; mai ales că ridicau întrebări prin excelenţă concrete. De o mare importanţă practică sînt lucrările elaborate de Grecişkina şi Karpova (1962) care au arătat pe baza unor cercetări efectuate în laboratoarele prof. Dionesov că durerea în timpul sarcinii are o influenţă nocivă asupra fătului. În aceeaşi direcţie cităm şi pe Cross (1954) care a constatat că durerea poate opri lactaţia.

Numeroase cercetări au arătat că durerea chiar de scurtă durată aduce deplasări în activitatea reflexă şi psihică. Astfel, Rudeanu (1935) observă modificări în cronaxia musculară, Fedeotov (1948) o exagerare a reflexului rotulian.

Vereşceaghin (1949) constată că excitarea dureroasă a pielii reduce amplitudinea reflexelor. În general, se produce o restructurare a activităţii reflexe. Acest autor relevă modificări ale mobilităţii proceselor nervoase fie în sensul unei exacerbări, fie în sensul unei diminuări. În genere, autorul arată că sensul în care se modifică diferitele tipuri de reflexe este foarte variat. Nesterenco (1952) descoperă creşterea sensibilităţii interoceptive în condiţii de durere.

Excitarea dureroasă duce la creşterea timpului de latenţă a reflexelor, date clinice arată că subiecţii supuşi observaţiei devin mai lenţi (Bolova, 1951).

Dimitriev (1953) demonstrează că excitanţii dureroşi foarte puternici produc inhibarea muşchilor antagonici.

În general, nu s-a clarificat pe deplin în studiile închinate influenţelor excitaţiei dureroase, ce aparţine de procesul dureros sau ce este fenomen secundar (Dionesov).

În școala lui Pavlov mulți cercetători au studiat reflexul de apărare, care este de fapt element constitutiv al procesului de durere. S-a arătat că excitația dureroasă puternică reduce amplitudinea efectelor pozitive ale reflexelor condiționate elaborate; (Lifșitz, 1937), inhibarea reflexelor alimentare și creșterea reflexelor de apărare (Glaser, 1948). Petrova (1940) demonstrează că modificările reflexe nu dispar după excitare, ci se mențin chiar cîteva zile.

Studiile electroencefalografice efectuate de Bonvallet, Dell și Hiebel pe cîini și pisici, cărora le-a excitat puternic, cu ajutorul curentului electric, nervul sciatic, au arătat creșterea activității corticale o dată cu creșterea tonusului simpatic, datorită a două cauze: activarea sistemului reticular și activarea umorală a scoarței cu ajutorul formațiunii mezencefalice. Anohin și colaboratorii (1958) constată că durerea produce desincronizarea ritmului cortical generalizată pe toată scoarța cerebrală. Agafanov (1956) descrie fazele acestui proces: 1. scăderea progresivă a intensității potențialelor de la 50—25 microvolți; 2. totala depresiune a activității bioelectrice cerebrale în timpul durerii și după ea 40″. 3. restabilirea treptată a intensității electrice corticale; 4. mărirea amplitudinii oscilațiilor comparativ cu cele inițiale.

Aceasta contrazice întrucîtva datele precedente indicînd o depresiune a activității bioelectrice în special în zonele senzorio-motorii și vizuale.

În 1960 Anohin și-a reafirmat poziția considerînd că durerea produce o desincronizare a activității bioelectrice cerebrale, trecînd la blocarea impulsurilor dureroase la nivelul subscoarței.

În ceea ce privește influențele centrale ale durerii, Kaminski (1949) arată că un sindrom prelungit de durere duce la un focar de excitație în scoarță și care este susceptibil să reactiveze la alte excitații cerebrale. Faptul este confirmat clinic între anumite limite. Lipgart (1959) constată că în momentele de durere acută în scoarță se dezvoltă inhibiția inductivă sau de protecție.

Fujiki (1958) dovedește la oamenii sănătoși că reflexele cutano-galvanice sînt direct proporționale cu excitantul dureros.

Benjamin (1957) studiind influențele durerii asupra performanțelor în activitate asupra unor subiecți din forțele armate ale SUA constată că durerea de scurtă durată nu influențează în mod deosebit viteza de rezolvare a problemelor însă duce la o apariție sau creștere însemnată a numărului erorilor.

Zagorenko, Lebedinski și Turtaev (1933) au constatat că în urma excitației dureroase crește sensibilitatea la lumină a ochiului adaptat la întuneric. Sub influența excitației dureroase se reduce durata imaginii consecutive. La sfîrșitul secolului trecut, Behterev (1895) și apoi mulți

autori constată în durere, dilatarea pupilară (midriază). Mai recent, Kramen confirmă existența midriazei la 70% din subiecții ce suportă durerea.

Un fenomen ce însoțește constant durerea este secreția lacrimală, dar pînă în prezent nu au fost lămurite mecanismele fiziologice ale acestui proces. Încă din 1924 Samoilov a arătat că durerea produce o creștere a presiunii intraoculare. Gherșuni și Bolohova dovedesc că durerea de scurtă durată accelerează restabilirea sensibilității auditive în procesul adaptării.

Într-o cercetare sistematică Suhareva (1941) constată că durerea influențează fazic sensibilitatea tactilă. La început aceasta din urmă sau scade sau staționează, dar după încetarea durerii se ridică brusc.

Deosebit de interesante sînt concluziile cercetărilor efectuate de Benjamin (1957), cu privire la efectele durerii asupra perceperii stimulării senzoriale nedureroase. Potrivit acestui autor gradul de influență al durerii asupra altor forme de sensibilitate depinde nu atît de intensitatea durerii, cît de concentrarea atenției subiectului asupra durerii. Cu alte cuvinte, influența durerii este definită prin corelația sistemelor intercentrale.

Toate aceste date sînt semnificative pentru ce înseamnă durerea ca o perturbare somatică integrală. Ruch (1955) afirmă că orice durere este într-un fel sau altul, patologică. Modificările patologice sînt desigur, cel puțin parțial, defensive. Restructurările funcționale probabil contribuie la restabilire. În același timp însă modificările pe care le presupune și le declanșează durerea, întrucît provoacă dezechilibru, sînt nocive. Sensibilitatea dureroasă se generalizează, devine acută și pune la grea încercare rezistența nervoasă a bolnavului. Acesta nu se mai află sub influența unor semnale nociceptive cu valoare particulară, ci ajunge să suporte un ansamblu de dureri, fiind nevoit să le urmărească, să le contemple. Aici subiectul este oarecum concomitent pacient și agent. Intervin pregnant atitudinile, fenomenele de personalitate. Dincolo de complexul senzorial algic se instalează suferința. Evoluția suferinței este, în mare măsură, dependentă de integrările corticale secundare și de autoreglaj.

Psihoprofilaxia durerii pornește tocmai de la principiul raționalizării percepției dureroase în sensul evitării amplificărilor emoționale de tip paroxist. Sub acest raport este concludentă experiența clinicii de obstetrică în ce privește psihoanalgezia procesului nașterii. „Pacienta” este instruită din timp asupra desfășurării procesului și asupra acțiunilor pe care trebuie să le întreprindă pentru a facilita nașterea, depășind activ și fără blocaj anumite momente critice. Credem că este

improprie denumirea de „naştere fără dureri”. Ceea ce se obţine este o naştere fără dureri exagerate din vina porturiantei. Este adevărat că în programul de psihoprofilaxie se prevăd şi unele măsuri care nu sînt auxiliare naşterii, ci sînt menite să distragă uneori atenţia de la fenomenul dureros. Concentraţia asupra durerii ca atare este de natură să provoace suferinţe chinuitoare în situaţia în care altminteri ar putea să fie perfect suportabile (P. Popescu-Neveanu şi col., 1954). Psihoterapia, fixînd atenţia pe acţiune iar nu pe senzaţie şi uzînd de metoda distragerii, aduce o contribuţie de seamă la diminuarea suferinţei inutile biologic.

Însuşiri ale senzaţiilor dolorifice. Senzaţiile de durere dispun de caracteristici subiective şi sînt tot aşa de greu de clasificat ca şi senzaţiile olfactive. De aceea, de fiecare dată se încearcă o caracterizare a durerii, făcîndu-se referire la agentul dureros sau operîndu-se cu analogii. Descripţia verbală directă a fenomenului dureros ce ţine de experienţa intimă a persoanei, pare a fi imposibilă. Cu toate acestea, s-au delimitat cîteva criterii de care trebuie să se ţină seama în caracterizarea durerii. Astfel sînt: 1) calitatea senzaţiei (ardere mată, tăioasă, încordată, sfredelitoare); 2) localizarea şi modul de răspîndire a durerii (imediată, ascuţită, punctiformă, percutantă); 3) apariţia în timp (stabilă, fulgerătoare, ritmică, tărăgănată, pulsativă); 4) intensitate (puternică, medie, slabă, vagă).

XII

PARTICULARITĂŢI DE VÎRSTĂ ALE SENSIBILITĂŢII

În cadrul unui sistem de psihologie a vîrstelor, capitolului despre evoluţia formelor sensibilităţii umane trebuie să-i revină, desigur, un loc de primă şi fundamentală însemnătate. Aceasta deoarece, aşa cum am subliniat încă la începutul lucrării noastre, recepţia senzorială reprezintă temelia întregii activităţi psihice prin intermediul căreia subiectul se orientează în ambianţă şi transformă realitatea în mod voit, deliberat, conform cu scopurile şi trebuinţele sale. În întreaga viaţă a omului semnalizarea senzorială are o prezenţă pregnantă; în planul organizării individuale, sensibilitatea este legată atît cu procesele metabolice care exprimă viaţa în accepţiunea biologică a termenului, cît şi cu procesele psihice de tip relaţional superior (percepţie, gîndirea, conştiinţa) care exprimă specificul determinării şi existenţei sociale a omului.

De aceea, analiza dependenţei dinamicii ei de factorul vîrstă trebuie să se facă prin prisma coordonatelor evoluţiei sale istorice, sub raport biologic şi social. La nivelul sensibilităţii surprindem pregnant caracterul contradictoriu, propriu dezvoltării în general.

Pe de o parte, în virtutea legilor obiective ale evoluţiei, sensibilitatea, după parametrii ce o definesc, se înscrie pe o traiectorie cu sens ascendent, marcînd o perfecţionare şi „finisare" continuă în timp, atît în trecerea de la o clasă de animale la alta, cît şi de la o perioadă de timp la alta, în cadrul existenţei generale a clasei sau speciei date. Acest din urmă moment este caracteristic îndeosebi sensibilităţii omului, care a înregistrat progrese apreciabile, să spunem, din antichitate pînă azi. Experienţa senzorială a omului contemporan este considerabil mai bogată, atît pe linie de sferă cît şi de conţinut, decît experienţa senzorială a omului antic. De exemplu, potrivit unei ipoteze, omul antic nu putea diferenţia decît aşa-numitele culori pure, iar auzul raporturilor de înălţime a sunetelor îl avea puţin dezvoltat.

Pe de altă parte, la nivelul individului, sensibilitatea se subordonează unei anumite legităţi ciclice: începe de la un punct iniţial scăzut (la

naştere), evoluează atingînd un anumit punct „maxim" (perioada copilăriei şi tinereţii), se menţine la un platou relativ constant (perioada maturităţii), şi, în sfîrşit, se angajează mai lent sau mai accelerat pe panta coborîtoare a curbei (la bătrîneţe).

Dar întrucît dinamica evoluţiei individuale exprimă în sine, cu o abatere mai mare sau mai mică de la medie, tendinţa legică a dinamicii evoluţiei generale, se poate afirma că un individ aflat mai sus pe scara timpului va avea un punct iniţial mai ridicat al sensibilităţii decît unul aflat cu cîteva trepte mai jos în segmentul trecutului, iar nivelul maxim pe care-l va atinge ea în cursul evoluţiei ontogenetice va fi de asemenea mai înalt. În felul acesta, vîrsta devine un factor subordonat socialului, încetînd a mai fi univoc determinantă în raport cu dezvoltarea psihică a omului.

Atît observaţiile cotidiene cît şi datele cercetărilor de psihologie genetică şi diferenţială atestă în mod concludent existenţa unei relaţii funcţionale între vîrsta cronologică şi „starea" sensibilităţii. Trebuie să remarcăm însă că, de cele mai multe ori, această relaţie este interpretată în spiritul psihologiei tradiţionale a „capacităţilor", unde vîrsta era considerată prin ea însăşi răspunzătoare de modificările — de tip ascendent sau descendent — ale sensibilităţii.

O asemenea viziune este evident eronată.

În fond, legătura dintre vîrstă şi sensibilitate, ca de altfel şi legătura dintre vîrstă şi nivelul dezvoltării psihice a individului în general, este condiţionată şi mediată de interacţiunea dintre organism (individ) şi mediul înconjurător.

Sensibilitatea ca atribut al vîrstei se dezvoltă numai în măsura în care insul intră, încă de la naştere, în raport „comunicativ" adecvat cu mediul extern, în măsura în care el este pus obiectiv în situaţia de a recepţiona excitanţii specifici. Aci îşi dovedeşte pe deplin justeţea principiul, potrivit căruia, faţă de procesul intern al dezvoltării psihice, raportul dintre factorii externi şi cei interni are un caracter reversibil. De exemplu, pentru dezvoltarea senzorială, absenţa vederii şi ţinerea individului în întuneric absolut sînt situaţii echivalente. Iată de ce, relevînd aşa-numitele particularităţi „de vîrstă" ale sensibilităţii, trebuie să le socotim subordonate legităţii generale care prezidează interacţiunea omului cu lumea externă.

Prima constatare importantă pe care ne-o aduce analiza genetică este aceea că la naştere copilul nu este încă apt pentru o comunicare senzorială plenară cu ambianţa. Pe de o parte, unele din sistemele aferente (vizual, auditiv) nici nu-şi manifestă funcţia lor specifică de recepţie (noul născut nu reacţionează adecvat nici la sunet, nici la lumină;

dacă acești excitanți sînt de intensitate prea mare, atunci la ei se declanșează reacții de apărare-mișcări spasmodice, reflexul pupilar) iar pe de altă parte, cele care funcționează deja (tactilul, termicul, gustativul) se găsesc la un nivel de organizare destul de scăzut (diferențierile care se realizează în cadrul lor au un caracter extrem de grosier). De la acest punct, începe procesul de dezvoltare și perfecționare ontogenetică a sensibilității (ramura ascendentă a curbei). Acest proces va avea o desfășurare gradată. Astfel, într-un prim stadiu se va cristaliza structura mecanismului reflexelor explorative și de țintire care deservesc modalitatea senzorială dată. Pe baza acestora, se individualizează sensibilitatea absolută. Pragurile ei sînt însă destul de ridicate. De aceea, în etapele următoare, evoluția are drept rezultat scăderea valorilor pragurilor senzoriale. Pentru diferitele modalități ritmul acesta de optimizare este diferit. Astfel, se poate vorbi de o ,,maturizare'' heterocronică a sistemelor aferente: mai timpurie pentru somatoestazie și mai tardivă pentru telereceptori.

Nu încape nici o îndoială asupra dependenței dezvoltării sensibilității de conținutul activității efectuate și de antrenament. Deosebirile calitative determinate de activitate nu sînt însă susceptibile de o interpretare cronologică, și în orice caz nu în raport absolut cu factorul vîrstă.

În lumina celor afirmate mai sus, prin particularități de vîrstă ale sensibilității trebuie să înțelegem mai degrabă acele modificări ce rezultă din evoluția genetică a organismului și se răsfrîng cu necesitate și asupra regimului funcțional al analizatorilor. Este firesc să presupunem că exersarea senzorială produce anumite efecte, care fie grăbesc maturizarea biologică a organelor de simț, fie se opun involuției funcțiilor senzoriale în condiții de deficit fiziologic, semnalat inevitabil la bătrînețe.

Semnalizarea senzorială este în modul cel mai strîns legată de activitatea generală a organismului. Din acest punct de vedere, maturizarea sistemului nervos ca și slăbirea finală a funcțiilor acestuia, evoluția, o dată cu vîrsta, a motricității, a modificărilor senzomotorii, a secrețiilor hormonale și a altor funcții, pînă la cele bazale — metabolice —, sînt tot atîția factori care ne obligă să recunoaștem o evoluție ontogenetică a sensibilității. C. I. Parhon concepe îmbătrînirea (exprimată printre altele, în deshidratare) ca un proces care începe o dată cu nașterea și se dezvoltă progresiv pe tot parcursul vieții. Admițînd acest punct de vedere, nu putem totuși considera că sensibilitatea, în cursul vieții, va regresa mereu o dată cu îmbătrînirea. De fapt, nici C. I. Parhon nu susține o astfel de teză. Unele fapte ne-ar putea însă determina la o viziune a evoluției formelor sensibilității pe o traiectorie similară curbei lui Gauss. În acest sens, se invocă faptele

privind marea acuitate senzorială a copiilor și cazurile frecvente de funcționare deficitară a recepției senzoriale la bătrîni. Sînt însă o serie de alte fapte care pledează pentru o altă înțelegere a evoluției sensibilității.

Cercetătorii cehoslovaci Sikar și Gosoveț au stabilit că șoferii bătrîni comit mai puține accidente decît cei tineri. M. D. Alexandrova, reluînd problema, constată că la șoferii cu multă experiență acuitatea vizuală se menține mult timp nealterată și chiar în cazul regresului este compensată prin lărgirea cîmpului vizual și perfecționarea acomodării.

C. I. Parhon citează cazul unei persoane de 75 ani care avînd o serie de deficiențe de auz verbal, totuși conservase o excelentă capacitate de diferențiere a sunetelor muzicale. În genere, existența unor performanțe înalte și chiar accentuate în actele de reflectare senzorială, la vîrste înaintate, poate fi explicată dacă ne referim la rolul activității și experienței în constituirea și dezvoltarea modalităților de sensibilitate umană.

Ocupîndu-se de condiționarea social-istorică a senzațiilor, M. Ralea ca și o serie de alți autori, a pus în evidență o multitudine de factori care duc la perfecționarea sensibilității prin exercițiu, orientare conștientă, compensative ș.a.

W. W. Sunvilo și R. I. Quilter au cercetat, la diverse vîrste, promptitudinea reacțiilor la agenți externi. Ei ajung la concluzia că sub raport calitativ între tineri și bătrîni nu sînt deosebiri semnificative. Aceștia din urmă însă nu-și mențin vigilitatea la același mod dacă experimentul este prelungit peste 45′.

În fond, între tineri și bătrîni este probabil o deosebire, dar aceasta este diminuată prin mecanismele compensatorii speciale, elaborate individual. Acestea se conectează cu atît mai intens, cu cît așa-numitele premise native (biologice) devin mai palide. Unul din factorii compensatori esențiali este redundanța unităților din cîmpul gnostic (Konorski, 1967). Aceasta rezidă în reprezentarea unei percepții în mai multe unități la nivelul cîmpului gnostic.

Se formează astfel, la nivel cortical, seturi asociative de unități legate de același pattern-stimul. Ca urmare, crește considerabil rezistența sistemelor aferente față de influența factorilor perturbatori fie ei externi (condiții nefavorabile de percepție), fie interni (destrucții ale țesutului cerebral, vîrstă, focare patalogice). Putem deci conchide că, cu cît în timpul dezvoltării ontogenetice, se elaborează structuri redondante de tip perceptiv mai multe, cu atît nivelul sensibilității va fi mai puțin afectat de factorul vîrstă.

În aceste condițiuni pentru a putea, totuși, detecta influența vîrstei, este necesar să se recurgă la un studiu longitudinal pe grupe mari de vîrste, cu posibilitatea de a calcula valorile medii ale performanțelor senzoriale.

O astfel de cercetare au întreprins P. Popescu-Neveanu, M. Cristescu și L. Marinescu-Pietraru (1964).

Au fost investigate sensibilitatea vizuală, auditivă și kinestezică, începînd de la 3 pînă la 85 de ani. S-au pus în evidență două tipuri de curbe evolutive: 1) primul tip — curba care exprimă performanțele ce cresc, atingînd un optimum undeva între 10—35 ani, după care intervine inevitabil fenomenul de regresie; 2) al doilea tip, în care se înregistrează un progres continuu sau, cel puțin, o menținere la același nivel de performanță înaltă, pînă la vîrstele cele mai înaintate, fără a se putea constata un regres. Aceste curbe se diferențiază nu după subiecți și după probe, ci după laturile funcționale ale sensibilității. În genere, în sarcinile care solicită sensibilitatea sub aspectele sale primare (acuitate, diferențierea) se descoperă primul tip de curbă. Sarcinile care presupun structuri mai complexe, de ordin perceptiv și motor, ne furnizează date ce se încadrează în cel de-al doilea tip de curbă (neregresiv). Prin urmare, uzura și bătrînețea afectează nivelul primar, elementar al sensibilității, dar nu și construcțiile funcționale perceptive, integral condiționate social-istoric.

Ca și în cazul gîndirii, deși la o vîrstă mai înaintată, simțurile nu mai sînt atît de reactive, sînt, în schimb mai „înțelepte''. Astfel, adulții și bătrînii apreciază mai bine decît tinerii distanțele, mărimile, formele complexe etc.

Reacțiile bi și monomanuale atingînd un nivel optim în adolescență, își mențin aceeași viteză de-a lungul întregii vieți. Este adevărat, însă, că multe din disponibilitățile senzoriale cunosc în cea de-a doua jumătate a vieții o cădere. Astfel, acuitatea vizuală scăzută la vîrsta preșcolară se perfecționează treptat atingînd un optim între 15 și 21 de ani, se menține staționar pînă la aproximativ 50 de ani, după care intervine inevitabil involuția. Vederea în adîncime, vădit ineficientă la copil, se optimizează în jurul vîrstei de 18 ani, și începînd de pe la 45 de ani regresează.

Vederea cromatică este surprinzător de scăzută la vîrstele mici, și așa cum a arătat și U. Șchiopu cu col. (1962), se îmbunătățește vertiginos în preadolescență și adolescență, atingînd, după datele noastre, un optimum abia după 30 de ani. Observăm deci că fenomenul diferențierii cromatice fine este destul de pretențios. Involuția funcției dis-

criminării cromatice se declanşează în jurul vîrstei de 40 de ani. (Se păstrează totuşi constantele perceptive cromatice.)

Vederea rapidă se structurează de timpuriu, atinge optimumul deja la 7 ani, şi involuează brusc pe la 67—70 ani, procesul începînd însă la 55—60 ani.

Sensibilitatea auditivă absolută se maturizează precoce, atinge optimul la 20—26 de ani (după cum arată şi S. Stevens) şi decade după 60 de ani.

Sensibilitatea tactilă (testată cu ajutorul esteziometriei) evoluează în ritm accelerat de la 3 la 18 ani, şi începînd de la 24—26 ani, ea trece într-o involuţie lentă care continuă pînă la sfîrşitul vieţii.

Sensibilitatea kinestezică, testată de noi numai prin metoda stabilităţii motorii (tremometria) se perfecţionează treptat, atingînd optimumul la 36 ani, după care regresează încet, la 60—65 de ani înregistrînd căderi brusce.

Dexteritatea manuală, care implică, evident, gnozia kinestezică, evoluează rapid abia după 7 ani şi dă maximumul în jurul vîrstei de 18—24 de ani; după 45 de ani curba performanţelor scade.

În cercetarea la care ne-am referit mai sus s-a apelat în mod intenţionat numai la subiecţii care nu dispuneau de un antrenament deosebit, prilejuit de profesiune în una sau alta din modalităţile senzoriale testate. Nu ne îndoim că la muzicieni, pictori, dexterişti (manuali), degustatori etc. curbele vor fi altele, dar în acest caz nu mai avem de face „nemijlocit" cu factorul vîrstă, ci cu factori de ordin social specific.

POSTFAȚĂ

Am alcătuit această lucrare, pornind de la convingerea că, în literatura noastră de specialitate, o monografie despre fenomenele fundamentale ale activității senzoriale este evident necesară. Relațiile senzoriale au fost și sînt intens cercetate de diverse discipline contingente, precum neurofiziologia, psihofiziologia, neurocibernetica și psihologia. Volumul cercetărilor întreprinse în ultimul secol și chiar în ultimul deceniu este impresionant de mare. De aceea, o selecție a datelor informative reunite în cartea de față se impunea cu necesitate. Ceea ce ne-a interesat în mod deosebit, a fost prezentarea sistemului unitar al senzorialității umane în așa fel încît să se poată obține o viziune contemporană asupra aspectelor mai importante pe care le implică el și să se poată desprinde o orientare în aplicațiunile practice de ordin medical, pedagogic, cibernetic și economic. Fenomenul senzației, în opinia generală considerat elementar, întrucît el stă la baza ,,vieții psihice'' se dovedește în realitate a fi excepțional de complex, implicînd legi și principii variate, care în multe privințe acționează contradictoriu.

Aproape toate curentele psihologice au început a-și construi edificiul teoretic-experimental pornind de la domeniul senzorial. Pe noi ne-a interesat să relevăm nu diversitatea punctelor de vedere, ci ansamblul cunoștințelor vechi și noi, dar bine verificate, care alcătuiesc ,,esteziologia'' modernă.

Am rămas numai la nivelul senzațiilor, fără a avea posibilitatea nici măcar să abordăm problematica percepției, care neîndoielnic, ar necesita o monografie aparte. Sarcina centrală pe care ne-am propus-o în lucrarea de față a fost aceea de a furniza un tablou edificator asupra modalităților de recepție senzorială, prin care omul se leagă nemijlocit cu realitatea.

Cartea este adresată psihologilor, precum și specialiștilor din domeniile fiziologiei, medicinii, opticii, acusticii și ciberneticii. Dacă cititorii vor socoti prezenta carte utilă din punct de vedere informativ, considerînd și data apariției ei, atunci autorii vor avea dreptul să creadă că și-au realizat obiectivul propus.

București, 10. VI. 1968.

BIBLIOGRAFIE

ENGELS F., *Anti-Dühring*, E.S.P.L.P., Bucureşti, 1955.
ENGELS F., *Dialectica naturii*, Edit. Politică, Bucureşti, 1959, p. 285.
MARX şi ENGELS, *Despre artă şi literatură*, E.P.L.P., 1953.
LENIN V. I., *Caiete filozofice*, E.S.P.L.P., Bucureşti, 1956.
LENIN V. I., *Materialism şi empiriocriticism*, *Opere*, vol. 14, Edit. Politică, 1959.
ABRAHAMS H., KRAKAUER D. and DALLENBACH K. M., *Gustatory adapta-* *tion to salt*, ,,Amer. J. Psychol.", nr. 49, 1937, pp. 462—469.
ADES H. W., *Functional relationships between the middle and posterior ectosylvian areas in the cat*, ,,Amer, Journ. Physiol.", 159, 561 (1949).
ADRIAN E.D., *Potential changes in the isolated nervous system of Dytiscus marginalis*, J. Physiol., 1931.
ADRIAN E. D., *The Mechanics of Nervous Action*, L., 1932.
ADRIAN E. D., *The physical backround of perception*, Clarendon Press, Oxford, 1947.
ADRIAN E. D., *The physiological basis of perception*, în ,,Brain mechanisms and consciousness" (ed. Delafresnaye, J.), Oxford, Blackwell, 1954, p. 237.
ADRIAN E. D. în *Pain and itch; Nervous Mechanism*, London, Churchil Ldt., 1959.
AGAFONOV V. G., *Tormoziaşcee vlianie aminazina na ţentralnii efekt bolevogo razdrajenia*, ,,Jurnal nevropatologhii i psihiatrii", 1956.
AGUILAR M. and STILES W. S., *Saturation of the rod mechanism of the retina at high levels of stimulation*, ,,Optica Acta", I, 59, 1954.
AIREPETIANTZ E. S., *K voprosu ob evoliuţii vzaimodeistvia vneşnih i vnutrennih reţeptarov*, în *Evoluţia funcţii nervnoi sistemî*, M., 1958.
AKISHIGE JOSHIHARU, *Perceptual constancy and the Law of Conservation of Perceptual Information*, în ,,Kynshu Psychological Studies", Thekyushu University, Tukuoka, N. III, 1965, pp. 1—49.
ALLEN F. and WAINBERG M., *The gustatory sensory Reflex*, ,,Quarterly Journexp. Physiol.", 15, Nr. 1, 1925.
ALEXANDER ş.a. *Studies of motion sickness*, 1947.
ABRUTZ S., *Undersökningar over smärtsinnet*, Upsala Univ., Arsbod 91, 1901.
AMES A., *Systems of color standards*, ,,Journ. opt. soc. Amer.", 5, 2, 1921.
ANANIEV B. G., *Munca, o condiţie esenţială a dezvoltării sensibilităţii*, ,,Analele ro-mâno-sovietice", seria Pedagogie-Psihologie", nr. 1, 1953.
ANANIEV B. G., *O sisteme vozrastnoi psihologhii*, ,,*Vopr. psih.*", 44, 5, 1957.
ANANIEV B. G., *Teroriia osciuşcenii*, Izd. L. G. U., 1961.
ANANIEV B. G., ş. a., *Osiazanie v proţesah poznania i truda*, Izd. A.P.N., 1959.
ANDREEV L. A., *Fiziologiia organov ciuvstv*, Moskva, 1941.
ANOHIN P.K., *Boli. Bolşaia mediţinskaia enţiklopediia*, 1958.

ANOHIN P.K., *Ob osobennostiah bolevîh reakţii pri travme*, în *Problema travmî Trudi XI oi sessii obşcego sobrania*, AMN SSSR, 1960.
ANOHIN P.K., *Fiziologia şi cibernetica*, în *Probleme teoretice ale ciberneticii*, Edit. Ştiinţifică, Bucureşti, 1963, pp. 230—268.
ANOHIN P. K., *Rol orientirovocino-issledovatelskoi reakţii v obrazovanii uslovnogo refleksa*, în L. G. Voronin, A. N. Leontiev, A. R. Luria, E. N. Sokolov, O. S. Vinogradova (edit.), *Orientirovocinîi refleks i orientirovocino-issledovatelskaia deiatelinost*", Moskva, 1958.
AREY L. B., TREMAINEN, M. I. and MONZINGO F. L., *The numerical and topographical relations of taste buds to human circumvuallate papillae-throughouth the life span.*, „Anatomical Researchs", 1935, pp. 9—26.
ASHBY W. R., *An Introduction to Cybernetics*, Chapman and Hall, London, 1956.
ASHBY W. R., *Design for a Brain*, Chapman and Hall, London, 1952.
ASHBY W. R., *Principles of the self-organisation*, în: Heinz von Foerster and George Zopf, jr. (ed.), „Principles of self-organisation", Symposium Publication Division Pergamon Press, Oxford-London-New York-Paris, 1962.
ATTNEAVE F., *Informational aspects of visual perception*, „Psychol. Rev.", 61, 1954, pp. 183—193.
ATTNEAVE F., *Applications of information theory to psychology*, New York, Holt, 1959.
AUBERT H., *Physiologie der Netzhaut*, Breslau, 1865, pp. 23—105.

BAGDASAR D., *La cordotomie. Considérations sur la voie de conduction à la douleur*, „Rev. Neurol.", 68, 1937.
BAIN A., *Mind and Body*, London, 1873.
BAKER L., *General experimental psychology*, University Press, New York, 1960.
BARÎŞEVA E. R., *Opredelenie poroga osciuşcenia vkusa u celoveka*, „Arh. biol. nauk", nr. 40, vol. 3, 1935, p. 139.
BARLOW H. B., *Principiile posibile ale transformării mesajelor senzoriale*, în: „Sensory Communication" (W. Rosenblith-ed.). The M.I.T. Press and John Willy a. sons inc., New York-London, 1961 (lb. rusă).
BARLOW H. B., *Increment thresholds at low intensities considered as signal/noise discriminations*, „Journ. Physiol.", 136, 469 (1957).
BARTLEY, HOWARD S., *Vision: A study of its basis*, Van Nostrand, New York, 1941.
BAZETT H. C., Mc. GLONE, BROCKLERHURST R. J., *The temperatures of the tissues...*, „J. Physiol", 69, 1930.
BAGH K. von, *Quantitative Untersuchungen auf dem Gebiest der Berührungs und Druckempfindungen*, „Z. Biol.", 1935, 96, 153, 177.
BERITOV I.S., *Obşciaiia fiziologhiia mîşecinoi i nervnoi sistem*, 1947.
BECK L. H. and MILES W. R., *Some theoretical and experimental relationships between infrared absorbtion and olfaction*, „Science", 106, 511, (1947).
BECK L. H., *Osmics: Theory and problems related to the initial events in olfaction*, în: O. Glasser (ed.), „Medical physics", Chicago, The Year Book Publishers, 1950, vol. 11.
BEHTEREV V. M., *O praizvolnom rasşirenii zracika* «Nevrologhiceski vestnik», 1895.
BEHTEREV V, M., *Izbrannîe proizvedenia*, Medghiz, 1954.
BELL CH., *Philosofical Transactions*, L., 1830.
BÉKÉSY G. von, *Synchronism of neural dicharges and their demultiplication in pitch perception on the skin and in hearing*, "Journ. Ac. Soc. Amer.", 31, 338—349 (1959).

BÉKÉSY G. von, *Similarities betwen hearing and skin sensations*, „Psychol. Rev," 66, 1—22 (1959).
BÉKÉSY, G. and ROSENBLITH W. A., *The mechanical properties of the ear*, în:
«Handbook exp. psychology», Stevens S.S. (ed.), New York, 1951.
BEIDLER L. M., *Physiology of olfaction and gustation*, „Ann. Otol. Rhinol. Laringol.",
nr. 69, 1960, pp. 398—409.
BEIDLER L. M., *Mecanismele excitării receptorilor gustativi şi olfactivi*, în „Sensory
Communication", New York-London, 1961 (lb. rusă).
BENJAMIN F. a. IVY A., *Electroencephalic changes associated with Painful and Non-*
Painful peripheral Stimulation, «Proc. Soc. exp. Biol. a. Med.», 1949.
BENJAMIN R. ş. a., *The chemical senses*, „Amer. Rev. Psychol.", 16, 1965, pp.
381—416.
BERLYNE D. E., *Conflict, Arousal and Curiosity*, Mc. Graw-Hill, New York, 1960.
BERLYNE D. E., *Collative stimulus properties and the orientation reaction*, în „Orient-
ing reflex, Alertness and Attention" XVIII*th* Internat. Congr. Psychol., Moscow,
1966, p. 84.
BERKENBLIT Z. M., *Izmenenie bolevîh osciuşcenii...*, Tr. I-ta mozga im. Behte-
reva. t. XV, L., 1947.
BERNARD, CLAUDE, *Mémoire sur le pancreas et sur le rôle du suc pancréatiques dans*
les phénomènes digestifs, Paris, 1856.
BERNARD, CLAUDE, *La médicine expérimentale*, Gazette méd., Paris, 1864.
BERNSTEIN N. A., *O postroenii dvijenii*, Medghiz, Moskva, 1947.
BERTELSON P., *The refractory period of choice reactions with regular and irregular*
intervals, „Acta Psychol.", 27, 1967, p. 45.
BÎKOV K. M., *Scoarţa cerebrală şi organele interne*, Editura de stat pentru literatură
ştiinţifică, Bucureşti, 1952.
BÎKOV K. M. şi SPERANSKI A. D., *Sobaka s pererezannîm corpus callosum*; Trudî
fiz. lab. im. Pavlova, t. I, v. 1, 1936.
BOEHM R. u. HOFFMANN F., *Beiträge zur Kenntniss des Kohlenhydratstoffwechsels*.
1. Abhandl. Der Kohlenhydratbestand des Korpers der Katze. 2. Abhandl. Der
Fesselungsdiabetes der Katze, «Arch. exp. Pathol. Pharmokol», 1878.
BONVALLET M., DELL P. et HIEBEL G., *Tonus sympathique et activité electrique*
corticale, Electroenceph. alography a. clinical, «Neurophysiol.», 1954.
BORING E. G., *Sensation and perception in the history of experimental psychology*,
New York, 1942.
BORING E. G., *A new system for the classification of odors*, „Amer. Journ. Psychol."
40, 1928, pp. 345—349.
BORING E. G., *Visual perception as invariance*, „Psychol. Rev.", 59, 141—148
(1952).
BOTEZ I. M., *Afazia şi sindroamele corelate în procesele expansive intracraniene*, Ed.
Academiei, 1962.
BOTEZ I. M., *Durerea de cap*, Bucureşti, Editura medicală, 1963.
BOTEZ I. M. şi ŞERBĂNESCU T., *Algiile craniene şi cranio-faciale*, Bucureşti,
Editura medicală, 1965.
BOUMAN M. A., *Visual thresholds for line-shaped targets*, „Journ. Opt. Soc. Amer",
43, 209, 1953.
BROADBENT D. E., *Perception and communication*, Pergamon Press, London, 1958.
BROADBENT D. E., *The role of auditory localization in attention and memory span*,
„Journ. exp. Psychol.", 47, 191—196 (1954).
BRODAL A., *The hippocampus and the sense of smell*, „Brain", 70, 1947, pp. 179—222.
BRONSTEIN A. I., *Vkus i oboniamie*, Izdat. AN. SSSR, Moskva-Leningrad, 1950.

BRONDGEEST, în „Du Bois Archiv", 1830.
BROWN C., *On the sense of rotation and the anatomy and physiology of the semicircular canals of the internal, ear*, 1874.
BRENER J. *Über die Funktion der Bogengänge des Ohrlabyrinths*, 1874.
BONNALLET M., DELL P. et HIEBEL G., *Tonus sympathique et activité electrique corticale*, Electroenceph. alography a. clinical Neurophysiol., 1954, 6, 119.
BUNATIAN G. H., i KARAGHEZIAN K. G., *Uslovno raflektornîe sdvighi nekotorîh storon sviortivaiuşcei sistemî krovi* DAN, SSSR, 1954, 99, 5, 831.
BUSH R. R., MOSTELLER F., *A mathematical model for simple learning*, „Psychol. Rev.", 58, 413—423 (1951).
BĂLĂCEANU C., NICOLAU E., *Contributions a l'étude des méchanismes cybernetiques de la rétine*, «Bull. et Mémoires de la Soc. Franc. d'Ophtalmologie», 80, 1967, pp. 366—375.

CANNON W. a. MENDENHALL W., *Factors affecting the coagulation time of blood, The hastening of coagulation in Pain and Emotional excitement*, «Am. j. Physiol.», 1914.
CANNON W., *The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions*, «Am J. Physiol.», 1914.
CANNON W., *Bodily changes in Pain, Hunger and Rage*, New York, 1923.
CAZACU-SLAMA T., *Utilizarea reacției motorii în compararea perceperii stimulilor verbali și neverbali și verbalizarea în percepție* (II), „Revista de psihologie", 4, 1967.
CHAMPAN B. L. M., *A self organizing classifying system*, „Cybernetica", 2, 3, 152—161 (1959).
CHAUCHARD P., *Principes de biologie humaine*, P.U.F., Paris, 1958.
CHERRY E. C., *Percepția binaurală a sunetelor*, în *Sensory Communication* (Rosenblith. W. ed.), M.I.T. Press and John Wiley & sons, New York-London, 1961 (lb. rusă).
CHOCHOLE R., *Le temps de réaction*, în *Traité de psychologie expérimentale* (P. Fraisse, J. Piaget), P.U.F., Paris, 1963, vol. 2, p. 63.
COHEN J., *Humanistic psychology*, Ruski House, George Allen, Unwin, London, 1958.
COHNHEIM u. ROY, *Untersuchungen über die zirculation in den Nieren*, Virch. Arch., 1883.
CONDILLAC, *Tratatul despre senzații*, Ed. Șt., Buc. 1962.
CROSS B., *Emotional inhibition of the milk-ejection reflex*, „Proc. Physiol. Soc. y Physiol", 1954.

DANIELOPOLU D., *Le tonus cardio-vasculaire et l'épreuve amphotrope sinocarotidienne*, Paris, 1933.
DANIELOPOLU D., *Die viscerographische Methode u. ihre Anwendung am gesunden u. kranken Menschen*, Berlin, 1930.
DARWIN E., *Zoonomie oder Gesetze des organischen Lebens*, Abteil. Hannover, 1795.
DAVIS H., *Psychophysiology of hearing and deafness*, în Stevens S.S. (ed.), *Handbook of Experimental Psychology*, New York, Wiley (1951).
DAVIS H., *Codarea periferică a informației auditive* în *Sensory Communication*, W. Rosenblith (ed.), New York, John Wiley & sons, 1961 (lb. rusă).
DAVIS H., *Biophysics and physiology of the inner area*, „Physiol. Rev.", 37, 1—49 (1957).
DODT E., *Acta physiol. scand.*, 31, 83 (1954).
DAVIS D. M., *Computability and unsolvability*, Mc Graw-Hill, New York, 1958.
DAVIS R., *Choice reaction times and the theory of intermitency in human performance*, „Quart. J. Exp. Psychol", 14, 1962, p. 157.

DERIBIER M., *La couleur dans les activités humaines*, Dunod, Paris, 1955.
DMITRIEV V., *Vlianie bolevogo razdrajenia na funkţiu pocek i şenuat*, «Biuleten eks-
perimentalnoi biologhii i mediţinî», 1952.
DORPOT T. L., *Mechanism of muscle pain*, M. D. Thesis, University of Washing-
ton, 1952.
DOUGLAS W. W. a. RITCHIE J. M., *A single unit analysis of cutaneous receptors
with afferent fibres*, «Pain and itch», Churchill, London, 1959.
DYSON G. M., *Scientific basis of odor*, „Chemistry and industry", 57, 647, 1938
(citat după Stevens).
ERLANGER J., GASSER H. S., *Electrical signs of nervous activity*, Johnson Founda-
tion Lectures, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1937.
ELTRINGEM G., *Stroenie i deiat. organov ciuvst*, Biomedghiz, 1934.
ESTES W. K., *Towards a statistical theory of learning*, „Psychol. Rev.", 57, 94—107
(1950).
EVANS R. M., *An Introduction to Color*, John Wiley a. sons, New York, Chapman
and Hall, London, 1959.

FALMAQUE J. C., *Stochastic models for choice reaction time with applications to ex-
perimental results*, „Journ. mathem. Psychol.", 2, nr. 1, febr. 1965, pp. 77—124.
FESSARD A., *Rolul reţelelor neuronale ale creierului în transmisia informaţiei*, în
„Sensory Communication" (W. Rosenblith, ed.), The M.I.T. Press and John Wiley
a Sons. inc., New York-London, 1961 (lb. rusă).
FEUERBACH L., *Principalele teze ale filozofiei viitorului*, Moscova, 1955, pp. 139—
140 (ed. rusă).
FLETCHER H. and MUNSON W. A., *Loudness, its definition, measurement and
calculation*, „Journ. acoust. Soc. Amer.", 5, 82—108.
FLETCHER H., *Speach and Hearing*, New York, Norstrand, 1929.
FLORU R., *Psihofiziologia atenţiei*, Ed. şt., Buc., 1967.
FORGUS R. H., *Perception*, Mc Graw-Hill, New York, 1966.
FRAISSE P., *Besoins et motivations*, „Bull. psychol.", 18, nr. 238, ian. 1965, pp.
626—630.
FREY M., *Beiträge z. Sinnensphysiologie d. Haut*, 1894.
FUJIKI R., *Studies on pains by means of galvanic skin reflex and electromyography*,
Tohoku igozu Zassi, 1958.

GABOR D., *Acoustical quanta and the theory of hearing*, „Nature", 159, 591—594
(1947).
GALAMBOS R., DAVIS H., *The response of single auditory nervfibers to acoustic stimula-
tion*, „Journ. Neurophysiology", 6, 39—57 (1943).
GALAMBOS R., *Neural mechanisms of audition*, „Physiol. Rev.", 34, pp. 497—528,
1954.
GALPERIN P. I., PANTINA N. S., *Zavisimosti dvig. navîka ot tipa orientirovki*,
«Orientirovocinîi reflex», M., 1958.
GARNER W. R. and MILLER G. A., *The masked threshold of pure tones as a func-
tion of duration*, „Journ. exp. Psychol.", 37, 293—303 (1947).
GASSER H. S. a. ERLANGER J., *The role of fiber size in the establishment of a
nerve block by pressure of cocaine*, «Am. J. Physiol.», 1929.
GASSER H. S., *Conduction in nervs in relation to fiber types*, „Res. Publ. Ass. nerv-
ment. Dis", 1935.
GELDARD G. A., *The perception of mechanical vibration*, „J. gen. Psychol", 1949.

GEORGE F. H., *The Brain as Computer*, Pergamon Press, Oxford-London-New York-Paris, 1961.
GHERŞUNI G. V., *O perestroike sluhovoi funkţii pri deistvii zvuka*, „Problemî fiziologhiceskoi akustiki", 1, 1949.
GHERŞUNI G. V., *Fiziologhiceskie osnovania obiektivnoi audiometrii*, „Problemî fiziologhiceskoi optiki", II, 1950.
GHERŞUNI G. V., *Izucenie deiatelnosti zvukovovo analizatora celoveka na osnove ispolzovania raznîh reakţii*, „Problemî fiziologhiceskoi akustiki", Leningrad, 111, 1955.
GHERŞUNI G. V. i VOLOHOV A., *O iavleniah adaptaţii v sluhovom pribore*, în: „Leningradskii institut organizaţii i ohranî truda, Trudî i materialî", 1935.
GHERŞUNI G., KOROTKIN I., *O subsensornîh uslovnîh refleksah na zvukovie razdrajenia*, „Dokladî Akad. Nauk SSSR", nr. 57, 1947, p. 417.
GIBSON J. J., *The Perception of the Visual World*, Houghton Miflin, New York (1950).
GLEZER V. D., ŢUKERMAN I. I., *Informaţia i zrenie*, Izd. Akad. Nauk SSSR, Moskva, 1961, pp. 48—50.
GOLANT R. I., *O psihoticeskix kartinah*, „Jurn. nevrop. i psihiatr.", 2, 1937.
GOLDBURT S. N., *Neirodinamika sluhovoi sistemî celoveka*, Izd. Len. universiteta, 964.
OILDMAN S., *Information Theory*, Constable, London, 1953 (ed. lb. rusă, Moscova-Leningrad, 1957).
GOLTZ F., *Studien über die Bewegungen der Speiseröhre und des Magens der Frosches*, „Pflüg. Arch", 1872.
GOLDSCHEIDER A., *Das Schmerzproblem*, Berlin, 1920.
GOLDSTEIN K., *Das Kleinhirn*, 1927.
GOLU M., *Unele particularităţi ale activităţii analitico-sintetice ale analizatorilor vizual şi auditiv la om*, „Analele româno-sovietice: Pedagogie-Psihologie", 1, 1960.
GOLU M., *Raportul dintre perceperea intensităţii şi frecvenţei sunetelor*, „Revista de psihologie", 4, 1967.
GOLU M., ZAPAN GH., *Particularităţile manifestării contrastului simultan al culorilor în condiţiile perceperii obiectelor statice şi dinamice*, „Revista de psihologie", 3, 1966.
GRANIT R., *Receptors and sensory perception*, New Haven, 1956, p. 175.
GRANIT R., *Sensory mechanisms of retina*, London, 1940.
GRAVINI H., *Le seuil differentiel d'intensité et de frequence des sons purs chez les enfants et les adults*, „Le XVIII Congrès International de psychologie", Moscou, 1966, tom I, p. 209.
GRINBERG G. I., ZASOSOV R. A., *Osnovî fiziologhii i metodî funkţionalnovo issledovania sluhovovo, vestibuliarnovo i oboniatelnovo analizatorov*, Gosud. izdat. mev.-lit., Leningrad, 1957.
GROSSMAN M., *Ueber die Aenderungen der Herzarbeit durch Zentrale Reizung von Nerven*, Z. Klin, 1897.

HAHN H. und GÜNTHER H., *Über die Reize und die Reizbedingunge des Geschmackssinnes*, „Pflüg. Arch. ges. Physiol.", 231, 1932, pp. 48—67.
HANANAŞVILI M. M., *Eksperimentalnoe issledovanie tzentralnîh mehanizmov zritelnoi funkţii*, Medghiz, Leningrad, 1962, p. 141.
HANBERY Y. and JASPER H., *Independence of diffuse thalamocortical projection system shown by specific nuclear destructions*, „Journ. Neurophysiol.", vol. 16, nr. 3, 1953, p. 252.

HAWKINS D., *The Language of Nature. An Essay in the Philosophy of Science*, San Francisco and London, 1964, pp. 50, 51.
HERBST R., *Die funktionellen Schwankungen des Venendrucsk.* Z. ges. exp. hed., 1934, 92, 112, 78.
HETÉNY E. u. VARGA E., *Der Regulierungmechanismus des Thrombinspiegels nach Schmerzreiz*, Acta physiol. Acad. Sci. Hung., 1954, 6, 2—3, 339.
HARKEVICI A. A., *Ocerk obscei teorii sviazi*, Moskva, 1955.
HARRIS J. D. and MEYERS C. K., *Detection thresholds and tonal thresholds in auditory acuity*, „Amer. Psychologist", 2, 433 (1947).
HARTRIDGE H., *Importance of taste and smell in nutrition*, „Journ. Physiol", n. 103, 1945, pp. 34—35.
HARTRIDGE H., *Recent advances in the physiology of vision*, London, 1950, p. 47.
HEAD H., *Studies in neurology*, London-Oxford University Press, 1920.
HEAD H., *On disturbance of sensation*, Brain, XVII și XIX, 1894, 1900.
HEAD H. a. HOLMES, *Sensory disturbance*, Brain, 34, 1911—12.
HEBB D. O., *The organization of Behavior*, John Wiley, New York, 1949.
HEBB D. O., *A textbook of psychology*, W. B. Saunders, Philadelphia, 1966.
HELMHOLTZ H., *Handbuch der physiologischen Optik*, Berlin, 1910.
HENNING H., *Die Aufmerksamkeit*, Urban-Schwarzenberg, Berlin-Wien, 1925.
HERING E., *Grundzüge der Lehre von Lichtsinn*, Handbuch, Bd. III, Berlin, 1920.
HERNÁNDEZ-PEON R., *Reticular Mechanisms of Sensory Control*, în Rosenblith W. A. (ed.), „Sensory Communication", The M.I.T. 1961, pp. 497—520.
HEISER F., *Stimulus temperature and thermal sensation*, „Arch. Psychol.", 21, no. 138, 1932.
HILOV K. L., *Kora golovnovo mozga v funkții vestibuliarnovo analizatora*, M., 1952.
HILOV K. L., *Simpaticeskaia nervnaia sistema v funkții i patologhii lororganov pri alimentarnoi distrofii*, în „Sbornik trudov leningradskovo naucino-issledovatelskovo instituta po bolezniam uha, nosa, gorla", 7, 101, 1944.
HIPPENREITER I. B., *Analiz sistemnovo stroenia vospriatia*, comunicarea I, K metodike izmerenia zvukovîsotnoi razlicitelnoi ciuvstvitelnosti, „Dokladî APN RSFSR", nr. 4, 1957.
HIPPENREITER I. B., *Eksperimentalnîi analiz motornoi osnovî proțessa vospriatiia vîsotî zvuka*, „Dokladî APN RSFSR", nr, 1, 1958.
HIRSH I. J., *The Measurement of Hearing*, London, 1952.
HOFFMAN P., *Untersuchungen über d. Eigenreflexe menschl. Muskeln*, Berlin. p. 22.
HONCKOCK J., WINTZ P.A., *Signal Detection Theory*, Mc Graw-Hill, New York, 1966.
HULL C. L., *Principles of Behavior*, Appleton-Century-Crofts, New York, 1943.
HUNT R., *Direct and reflex acceleration of the mammalian heart*, „Am. j. physiol.", 1889.
HUNTER W. S., SIGLER M., *The span of visual discrimination as a function of time and intensity of stimulation*, „Journ. exp. Psychol.", 26, 1940, p. 160.

IAMPOLSKII A., *Izmenenie sostava jeludocinovo soka pod vlianiem bolevovo razdrajenia*, „Patologhiceskaia fiziologhia i eksperimentalnaia terapia", 1958.
JAPPELLI G., *Untersuchungen über die Speichelabsonderung*, 2. Speichelvarietäten und Einfluss des Reizungsortes auf die physikochemischen Eigenschaften des Unterkieferspeichels, Z. Biol., 1908.

IARBUS A. L., *Rol dvijenii glaz v proţesse zrenia*, Izd. Nauka, Moskva, 1965.
JENKINS W. L., *Studies in thermal sensitivity*: 14, Part-whole relations in seriatim Warm-mapping, ,,J. exp. Psychol.", 1940.
JENKINS W. L., cap. XXX Handbook of experimental psychology, ed. Stevens, J. Wiley, New York, 1951.
JONES C. M., *Digestive tract pain: diagnosis and treatment; experimental observations*, New York, MacMillan, 1958.

KASSIL G., *Boli i obezbolivanie*, M., 1958.
KASSIL G. i MATLINA E., *Adrenalin i adrenalinosodovnîe vişcestva v crovi pri bolevom sindrome*, DAN SSSR, 1957.
KASSIL G. i PLOTIŢÎNA T., *Vzaimozavisimost mejdu obmenom veşcestv v mozgu i sastoianiem ghemato-enţefaliceskovo bariera*, ,,Biuleteni eksperimentalnoi biologhii i mediţinî" 1936.
KAMINSKII S., *Rol corî golovnovo mozga v patogheneze boli*, v *sb.*: ,,Problemî kortiko-visţeralnoi patologhii" (Trudî naucinoi konferenţii po probleme psiho-somatiki), 1949.
KAPLANSKI S., KAPLANSKAIA S. i SVERDLOVA F., *Mehanizm deistvia vitamina* B_1, ,,Nevropatologhia i psihiatria", 1947.
KASSIL G. N., *Boli i obezbolivanie*, Izd. A.N. SSSR, M. 1960.
KATZ D., *Die menschliche Hand*, 1932.
KATZ D., *Der Aufbau d. Tastwett*, 1925.
KELLGREN J. H., *On distribution of pain arising from deep somatic structures with charts of segmental pain areas*. Clin. Sc., 4; 35—46, 1939.
KEKCEEV K. H., *Voprosî psihofiziologhii*, Izd. APN, RSFSR, Moskva-Leningrad, 1947.
KEKCEEV K. H., *Interoreţepţia i proprioreţepţia*, Moskva, 1930.
KELENTEY B. u. ADLER-HRADECKY C., *Der Einfluss pulpaler Schmerzreize auf den Blutzuckerspiegel*, Dtsch. Zahnärztl, Z., 1957.
KLOEHN N. W. and BROGDEN W. Y., *The alkaline taste*, ,,Amer. Journ. Psychol.", nr. 61, 1948, pp. 90—93.
KODAMA S., *Effect of stimulation of the sensory nerves upon the rate of liberation of epinephrine from the suprarenal glands*, Tohoku, ,,J. exper. Med.", 1923/24.
KOLODNAIA A., *Naruşenie differenţirovki ,,pravovo" i ,,levovo" i roli kojnovo analizatora v ee vostanovlenii*, ,,Izvestiia", APN, RSFSR, 1954.
KONORSKI J., *Integrative activity of the Brain. An Interdisciplinary Approach*. The University of Chicago Press, Chicago and London, 1967.
KOROBKO V. G., *O zritelnoi temnovoi adaptaţii*, Medghiz, Leningrad, 1958, p. 166.
KRAKAUER D. and DALLENBACH K. M., *Gustatory adaptation to sweet, sour and bitter*, ,,Amer. Journ. Psychol.", nr. 49, 1937, pp. 469—475.
KRASNOGORSKII N. I., *Trudî pa izuceniiu vîşei nervnoi deiatelinosti jivotnîh i celoveka*, t. I. M. Medghiz, 1954.
KRAVKOV S. V., *Glaz i evo rabota*, Izd. Akad. Nauk, SSSR, 1932, p. 146.
KRAVKOV S. V., *Vzaimodeistvie organov ciuvstv*, ,,Novîi mir", N. 11, 1938.
KRAVKOV S. V., *Ocerk obscei psihofiziologhii organov ciuvstv*, Izd. AN SSSR, Moskva-Leningrad, 1946.
KRAVKOV S. V., *O prirode ţvetnovo zrenia*, ,,Problemî fiziologhiceskoi optiki", T. 6., 1948.

KRAVKOV S. V., *Tzvetnoe zrenie*, Izd. Akad. Nauk SSSR, Moskva, 1951.
KREINDLER A., *Electrofiziologia activității nervoase superioare*, ,,Neurofiziologie, psihiatrie, neurochirurgie", 4, 1959, p. 201.
KREINDLER A., *Dinamica proceselor cerebrale. Încercare de sinteză dialectică*, Ed. Academiei R.S.R., 1967.
KREMER W. F., *Automatic and somatic reactions induced by stimulation of cingular gyrus in dogs*, ,,Journ. Neurophysiol.", 10, 1947, pp. 371—379 (sept.).
KROGHIUS A. *Psihologhiia slepîh*, Saratov, 1925.
KROL-LIFSHITZ D. E., *Izmenenie vîsotî porogov razdrajenia vkusa u sobak pod vlianiem vozdeistvia vîsokoi vneşnei temperaturî*, ,,Arh. biol. nauk", 33, 503, 1933.
KUGELBERG A., *Nevroza astenică*, Ed. Academiei R.S.R., 1962.
KUGELBERG E. a. LINDBLOM V., *Studies on the mechanism of pain in trigeminal nevralgia*, în *Pain and Itch Nervous Mechanisms*, Ciba Foundation, Churchill, London, pp. 98—109, 1959.
KULAGHIN I. A., *Popîtka eksperimentalnovo issledovaniia napravleniia zvuceaşcevo predmeta*, ,,Voprosî psih.", n. 6, 1956.

LASHLEY K. S., *Structural variations in the nervous system in relation to behavior*, ,,Psychol. Rev.", 54, 6 (1947).
LEAKEY D. M., SAYERS B. McA., CHERRY E. C., *Binaural fusion of low and high-frequency sounds*, ,,Journ. acoust. Soc. Amer.", 30, 222—223 (1958).
LEONTIEV A. N., *Probleme ale dezvoltării psihicului*, Editura științifică, București, 1964.
LEONTIEV A. N. și OVCINNIKOVA O. V., *Analiz sistemnovo stroenia vospriatia. O mehanizme zvukovîsotnovo analiza sluhovîh razdrajitelei*, ,,Dokladî APB RSFSR", nr. 3, 1953, n. 4, 1958.
LEONTIEV A. N., ZAPOROJEȚ A. V., *Vosstanovlenie dvijenia*, Moskva, 1947.
LEVELT W. J. M., *Binocular brightness averaging and contour information*, ,,Brit. Journ. Psychol.", 56, partea I, febr. 1965, pp. 1—13.
LEVIT I. i PAVLIK V., *Vlianie boli na svertîvaemosti krovi*, în: ,,2-ia Vsesoiuznaia konferenția naucinîh studenceskih obscestv mediținskih, farmațevticeskih i stomatologhiceskih institutov", Moskva, 1952.
LEWIN K., *Principles of topological psychology*, Mc Graw-Hill, New York, 1956.
LEWIS T., *Pain*, New York, MacMillan, 1942.
LHÉRMITTE J. et TSCHERAFI E., *L'image du moi corporel*, Encephale, 1937.
LIVINGSTON K. W., *Pain mechanism*, MacMillan, New York, 1944.
LICKLIDER J. C. R., MILLER G. A., *The perception of speech*, în: S. S. Stevens (ed.), Handbook of exp. Psychol., John Wiley and sons., New York, Chapman and Hall, London, 1951.
LICKLIDER J. C. R., *A duplex theory of pitch perception*, ,,Experientia", 7, 128—134 (1951).
LOMOV B. F., *Opît eksperimentalnovo isledovania dvurucinovo osiazatelnovo vaspriatia*, Izd. IGU, 1954.
LUIZOV A. V., *Kvantovîe fluktuaţii sveta i zrenia*, ,,Priroda", 7, 12, 1951.
LURIA A. R., *Analizatorul motor şi problema organizării corticale a mişcărilor*, ,,Revista de psihologie", nr. 1, 1958.
LURIA A. R., *Vîsşie korkovîe funkţii celoveka i ih naruşenia pri lokalnîh porajeniah mozga*, Izd, Akad. Med. nauk, SSSR, Moskva, 1962.
LURIA A. R., *Mozg celoveka i psihiceskie protessî*, t. I, Izd. Akad. Ped. Nauk, RSFSR, 1963.

MAGNUS R., *Körperstellung*, Bd. 6, Berlin, 1924.
MAGOUN H. W., *Non-specific brain mechanisms*, în: H. F. Harlow and C. N. Woolsey (edition), „Biological and Biochemical Bases of Behaviour", University of Wisconsin Press, 1958.
MAKAROV P. O., *Problemî mikrofiziologhii nervnoi sistemî*, Medghiz, 1947.
MARINESCO G. et KREINDLER A., *Les réflexes conditionnels*, Alcan Paris, 1935.
MARINESCO, SAGER u. KREINDLER, în Pflüger's Arch., 225, 1930.
MATTHEWS B. H. C., «J. Physiol.» 71, 1931.
MATTHEWS B. H. C., *The response of a muscle spindle during active contraction of a muscle*, «J. Physiol.», 1931.
MAYER-GROSS W. and WALKER J. W., *Taste and taste selection of food in hypoglicaemia*, „Brit. Journ. exp. Psychol.", nr. 27, 1946, 297—305.
McCORD P.C. and WITHERIDGE N. W., *Odors: Physiology and control*, Mc Graw-Hill, New York, 1949.
NEVEROVICI I. D., *Ovladenie predmetnîh dvijenii*, Izvestia APN, 14, 1948.
MEIEROVICI R. I., *Passtroistvo shemî tela*, Leningrad, 1948.
MEŞKOV V. V., *Svetlota i iarkost*, „Svetotehnika", 12, 1, 1958.
MEYER A., *Hyperpnoea as a result of pain and other in man*, J. Physiol., 1914.
MILLER G. A. and GARNER W. R., *Effect of random presentation on the psychometric function: Duplication for a quantal theory of discrimination*, „Amer. Journ. Psychol.", 57, 451—467 (1944).
MILLER R. L., *Masking effect of periodically pulsed tones as a function of time and frequency*, „Journ. acoust. Soc. Amer.", 19, 798—807, (1947).
MILLER G. A., TAYLOR W. G., *The perception of repeated bursts of noise*, „Journ. acoust. Soc. Amer.", 20, 171—182 (1948).
MILLER G. A., *Langage et Communication*, P.U.F., Paris, 1956.
MILNE LORUS and MARGERY, *The senses of animals and men*, New York, 1963.
MINNAERT M., *Lumina și culoarea în natură*, Editura științifică, București, 1962.
MIRA Y LOPEZ, *La psychodiagnostic miokinetique*, Rio de Janeiro, 1955.
MOGHENDOVICI M. R., *Reflektornoe vzaimodeistivie lokomotornoi i vistzeralnoi sistemî*, Medghiz, Leningrad, 1957.
MOISEEV V. D., *Tzentralnîe idei i filosofskie osnovî kibernetiki*, Izd. „Mîsl", Moskva, 1965.
MONCRIEFF R. W., *The chemical senses*, New York, 1946.
MORGAN C. T., *Psychologie physiologique*, P.U.F., Paris, 1949.
MORLEY J., *Abdominal pain*, New York, William Wood 8c Co., 1931.
MOSSO A. et PELLACANI P., *Sur les fonctions de la vessie*, Arch. ital. Biol., 1882.
MOSSO A., *Les phenomenes psychiques et la temperature du cerveau*. Philosoph. Transactions of Roy. Soc. of London, 1883.
MOUNTCASTLE V. B., *Proprietățile funcționale ale sistemului aferent somatic*, în: „Sensory Communication" (W. Rosenblith, ed.). The M.I.T. Press and John Wiley a. sons. inc., New York-London, 1961.
MOWRER O. H., *Concerning the normal function of the vestibular apparatus*, 1932.
McNALLY W. J. and STUART E. A., *Physiology of the labyrinth reviewed in relation to seasickness and other forms of motion sickness*, 1942.
MÜLLER J., *Handbuch der Physiologie des Menschen*, B. 11, 1840.
NAZAIKINSKI E. V., *K voprosu o vlianii sovpadiuscih obertonov na vospriatie ladovoi ustoicivosti zvukov v melodiceskih intervalah*, „Vopr. psih.", 1, 1965.

NEFF W. D., DIAMAND I. T., *The neural basis of auditory discrimination*, în: Harlow H. F., Woolsey C. N. (ed.), „Biological and Biochemical Bases of Behavior", Madison, Univ. of Wisconsin Press, 1958 (101—126).
NAFE J. T. and WAGONER K. S. Studies in temperature sensation, II, The temperature changes and organs. „J. clin. Invest.", 1937, 16, 525—531.
NESTERENKO L., *K sravnitelnoi harakteristike tormoznovo vliania intero- i eksteroţeptivnîh razdrajenii*, v st.: «Voprosî fiziologhii», 1952.
NICE L., IRWIN O. a KRAFT R., *Coagulation time of the blood of adrenalectomized rats*, «Am. J. Physiol.», 1931.
NICE L. a. KATZ H., *Blood volume and Hematocrit determinations in rabbits before and during emotional excitement*, «Am. j. Physiol», 1934.
NICOLAU ED., BĂLĂCEANU C., *Neurocibernetica*, Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1967.

OPPEL T. W. and HARDY J. D., *Studies in temperature sensation*, II, The temperature changes and organs, J. clin. Invest., 1937.
ORBELI L. A., *Voprosî vîsşei nervnoi deiatelnosti*, Izd. A. N. SSSR, 1949.

PAGE. H. E., *The relation between area of stimulation and intensity of light at various levels of visual excitation as measured by pupil constriction*, „Journ. exp. Psychol.", 29, 177—200 (1941).
PARHON C. I., *Biologia vîrstelor*, Ed. Academiei, 1955.
PATTON H. D., *Senzaţia viscerală*, în: T. Ruch, Y. Fulton (editori), „Fiziologie medicală şi biofizică", Ed. medicală, Bucureşti, 1963.
PAVLOV I. P., *Lekţii po fiziologhii*, Moskva, 1949.
PAVLOV I. P., *Izbrannîe proizvedenia*, Moskva, 1951.
PENFIELD W. and RASMUSSEN T., *The cerebral cortex of man*, MacMillan, New York, 1950.
PETROVA M., *Izmenenie uslovnoreflektornoi deiatelnosti*, în: «Referatî rabot ucirejdenii otdelenia biologhiceskih nauk», AN SSSR, Moskva, 1940.
PFAFFMANN C., *Gustatory afferent impulses*, „Journ. Cell. comp. Physiol.", nr. 17, 1941, pp. 243—258.
PFAFFMANN C., *The sense of taste*, în: „Handbook of Physiology-Neuro-physiology» I", Washington, D.C. American Physiological Society, 1959, pp. 507—533.
PICK A., *Stoerung der Orientierung*, «Psychol. Forsch». I, 1922.
PIÉRON H., *La sensation guide de vie*, Gallimard, Paris, 1945.
PIÉRON H., *Psychologie appliquée*, P.U.F., Paris, 1955.
PLATONOV K. K. i SVERTZ L. M., *Ocerki psihologhii dlia liotcikov*, Moscva, 1948.
POLLACK I., *The atonal interval*, „Journ. acoust. Soc. Amer.", 20, 146—149 (1948).
POLLACK I., *Monaural and binaural threshold Sensitivity for tones and for white noise*, „Journ. acoust. Soc. Amer.", 20, 52—57 (1948).
POPESCU D., *Durerea, prieten şi duşman*, Bucureşti, Edit. medicală, 1965.
POPESCU-NEVEANU PAUL şi NICOLAU CEZARINA, *Studiul unor particularităţi ale percepţiei vizuale*, Revista de pedagogie, 4, 1966.
POPESCU-NEVEANU PAUL, CRISTESCU M., MARINESCU L., *Cercetări asupra particularităţilor de vîrstă ale sensibilităţii*, 1967 (mss.).
POLYAK S., *The retina*, Chicago, 1941.
PRANGHIŞVILI A. S., *Teoria psihologică generală a montajului*, în: „Psihologia în U.R.S.S.", Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1963.
PRESMAN A., *O sosudistîh reakţiah pri emoţionalnom vozbujdenii u sabok*, „Fiziologhiceskii jurnal SSSR," 1935.

PROSTOSERDOV N. N., *Principiile degustării vinului*, Editura Agro-Silvică, București, 1954.

PȘONIK L. T., Kora golovnogo mozga i rețeptornaia funkția organizma, M. „Sovetskaia nauka", 1952.

QUIQLEY J. P., BAVOR H. Y., READ M. R. a. BROFMAN B. L., Evidence that body iritations of emotions retard gastric evacuation, not by producting pylorospasm but by depressing gastric motility (1943), Biol. Abstr. 1944, 18, 891, 705.

RABKIN E. B., *Polihromaticeskie tabliți dlia issledovania tzvetoosciuscenia*, Izd. 6, Medghiz, Moskva, 1954.

RALEA M., *Contribuții la studiul influenței factorului istoric-social asupra senzațiilor*, în „Culegere de studii de psihologie", vol. III, Edit. Academiei R.P.R., 1953.

RAO V. V. L., *The decibel notation*, Madras, Addison, 1944.

RATLIFF F., *The inhibitory interaction in the elements of Retina*, în: Rosenblith W. A. (ed.), „Sensory Communication", The M.I.I., 1961.

RĂDULESCU-MOTRU C., *Curs de psihologie*, 1923.

REICHARDT W., *Autocorelația ca principiu al aprecierii informației senzoriale*, în: „Sensory Communication" (W. Rosenblith, ed.). The M.I.T. Press and John Wiley a. sons inc., New York-London, 1961 (lb. rusă).

RÉVÉSZ G., *Die Formenwelt des Tastsinnes*, 1939.

RÉVÉSZ G., *System der optischen und haptischen Raumtäuschungen*, „Z. Psychol.", 1934.

RIUMIN V. P., *Priamoe i reflektornoe vlianie vibrații na serdțe*, „Bul. exp. biol. și med.", 8, 1948.

RIDDOCH G., CRITCHLEY McD. La physiopathologie de la douleur d'origine centrale, XVI[e] Reunion Neurologique, Paris, 1937.

RUSCHTON S. U., Perifericeskoe codirovanie v nervnoi sisteme, Teoriia sviazi v sensornîh sistemah, M; „Mir", 1964, p. 53.

ROSENTHAL S. R. and MINARD D., Experiments on histamine as the chemical mediator for cutaneous pain, „J. exp. med.", 1939, 70, 415—425.

ROSS D. A., Electrical studies on the frag's labyrinth, 1936.

ROSED A., *The sensitivity performance of the human eye on an absolute scale*, „Journ. opt. soc. Amer.", 38, 196 (1948).

ROȘCA AL., *Tehnica psihologiei experimentale*, Ed. Inst. de Psihol. al Univ. Cluj, 1947.

ROȘCA AL., *Senzațiile și percepțiile*, în: Tratat de psihologie experimentală (red Al. Roșca), București, 1963.

ROSE Y. E., *The cellular structure of the auditory area of cat*. „Journ. Comp. Neurol.", 91, 409—439 (1949).

ROGINSCHI G. Z., Navîki i zaceatki intellectualnîh deistvii u antropoidov (simpanze), Izd-vo. L. G. U., 1. 1948.

ROSSOLIMO G. I., *Neber Hernianopsie*, Neurol. Zbl. XV, 6, 1896.

ROY C., a ADAMI J., *Contributions to the physiology and pathology of the mammalian Heart*, Phylosoph. Transactions, Roy. Soc. London, 1883.

RUBINSTEIN S. L., *Osnovî obscei psihologhii*, II izdanie, Moskva, 1946.

RUBINSTEIN S. L., *Existenţă şi conştiinţă*, Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1960.

RUCH T., FULTON J. (red.), *Fiziologie medicală şi biofizică*, Edit. medicală, Bucureşti, 1963.

RUDEANU A., *Variation des chronaxies chez la grenouille spinale à la suite de stimulations péripheriques*, C.R. Soc. Biol., 1935.

RUFFINI A., *Sur un nouvel organe nerveux terminal et sur la présence des corpuscules Golgi-Mazzoni dans le conjonctif sous-cutané de la pulpe des doigts de l'homme*, Arch. ital. biol., 1894.

RUSNIAK I., FÖLDI M. i SZABO D., *Fiziologhia i patologhia limfoobrazovania*, Izd. AN Vengrii, 1957.

RUZIÇKA L., *Die Grundlagen der Geruchschemie*, „Chem. Ztg.", 44, 93, 129 (1920) (citat după Bronstein).

SAGER O., MARES A., NEŞTIANU V., *Formaţia reticulată*, Ed. Academiei R.S.R. Bucureşti, 1965.

SAMOILOV A., *Eksperimentalnîie isledovania vnutriglaznovo davlenia*, «Ruskii oftalimologhiceskii jurnal», 1924.

SARKISOV S. A., *Ocerki po structure i funkţii mozga*, Izd. „Mediţina" Moskva, 1964, pp. 128—129.

SEASHORE C., *The psychology of Musical talent*, London, 1919.

SEASHORE C., *Measures of Musical Talent*, „Psychol. Rev.", 37 (1930).

SEASHORE R. H., *Improvability in Pitch Discrimination*, „Psychol. Bull.", 32, 1935.

SECENOV I. M., *Fiziologhiceskie ocerki*, partea a II-a, L—M., 1923.

SECENOV I. M., *Refleksî golovnovo mozga*, Izbr. proizv., Izd. Akad. Nauk SSSR. 1952.

SEMENOV S. A., *Pervobîtnaia tehnika*, M—L, Izd. AN SSSR, 1957.

SEREBRENIKOV S., *Vlianie silnîh (bolevîh) razdrajenii na rabotu pişcevaritelnogo aparata*, Soobşcenie 4, jeludocinîie jelezî, «Fiziologhiceskii jurnal, SSSR», 1939.

SHANNON C. E., WEAVER W., *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, 1949.

SHERRINGTON CH. S., *The Integrative Action of the Nervous System*, London, 1906.

SHIGENAGA SACHIR, *The Constancy of Loudness and of Acoustic Distance*, în: „Kyushu Psychological studies", The Kyushu University, 1965, pp. 289—335.

SCHILDER P., *Dar Korperschema*, Berlin, 1924.

SHELLEY W. B., ARTHUR R. P., Arch. Derm. Syph. Chicago, 72—455 şi 76—1957.
SHOWER E. G. and BIDDULPH R., *Differential pitch sensitivity of the ear*, ,,Journ. acoust. Soc. Amer.", 3 (1931).
SIMANOVSKII N., *O vlianii razdrajenia ciuvstvitelnîh nervov na funkţiiu i pitanie serdţa*, v st.: «Archiv cliniki vnutrenîh boleznei prof. S. P. Botkina», 1880.
SKOROHODOVA O. I., *Cum percep lumea exterioară*, Editura de stat, Bucureşti, 1950.
SKRAMLIK E., *Der haptische Raum*, Onzième congrès international de Psychologie Paris, 1937.
SKRAMLIK E., *Über die zur minimalen Erregung menschlichen Geruchs bzw. Geschmackssines notwendigen Molekülmengen* ,,Pflug. Arch.", 249, 702, 1948.
SKRAMLIK E. von, *Handbuch der Physiologie der niederen Sinne*, Bd. I, Die Physiologie des Geruchs und Geschmackssinnes, Leipzig, Thieme, 1926.
SKRIBNIK E., *K voprosu o reakţii bolevoi razdrajiteli pri vnuşenoi v ghipnoze*, v. st.: Tezisî dokladov, 1956.
SMIRENSKAIA E. M. i RIABOVO N. M., Vlianie razdrajenia sedaliscego nerva na vosstanovlenîe dîhania posle kliniceskoi smerti, Archiv patologhii, 1954, 16, 3, 79.
SNIAKIN P. G., *Funkţionalnaia mobilnost setciatki*, Medghiz, Moskva, 1948.
SOKOLOV E. N., Vospriatie i uslovnîi refleks, Izd. Mosk., Univ., Moskva, 1958.
SOKOLOV E. N., *Orientirovocinîi refleks, ego struktura i mehanizm*, în: L. G. Voronin, A. N. Leontiev, A. R. Luria, E. N. Sokolov, O. S. Vinogradova (edit.), ,,Orientirovocinîi refleks i orientirovocino-issledovatelskaia deiatelnosti", Moskva, 1958.
SOKOLOV E. N., *Modelul nervos al stimulului*, ,,Analele româno-sovietice", seria Pedagogie-Psihologie, nr. 3, 1962.
SOKOLOV E. N., *Orientirovocinîi refleks kak informaţionnîi reguliator*, în: ,,Orientirovocinîi refleks i problema reţepţii v norme i patologhii" (red. E. N. Sokolov), Izd. ,,Prosviscenie", Moskva, 1964, p. 3.
SOKOLOVA M., *Reakţia corî nadpocecinikov na ,,napriajjenie" u novorojdenîh jivotnîh*, «Biuleten eksperimentalnoi biologhii i mediţinî», 1957.
SPENCE K. W., *Behavior theory and conditioning*, Yale University, New Haven, 1956, VII.
STERIADE M., *Creier şi reflectare*, Edit. Politică, Bucureşti, 1966.
STEVENS S. S. (ed.) Handbook of Experimental Psychology, 1951.
STEVENS S. S., *Tonal density*, ,,Journ. exp. Psychol.", 17, 585—592 (1934).
STEVENS S. S., *The volume and intensity of tones*, ,,Journ. exp. Psychol.", 46, 397—408 (1934).
STEVENS S. S., *The measurement of loudness*, ,,Journ. acoust. Soc. Amer.", 27, 815—829 (1955).
STEVENS S. S., DAVIS H., *Hearing, its psychology and physiology*, New York Wiley, 1938.

STRUGHOLD H. und KARBE M., *Vitale Förburg des Auges und experimentalle Untersuchung der gefäbre Nervenbement*, Z. Biol., 1925.
STUMPF C., *Tonpsychologie*, Leipzig, Herzel, 1883.
SUSLOVA N., *Pribavlenie k fiziologhii limfaticeskih serdeț*, Dis. S.P.B., 1868.
SWETS J. A., *Signal detection and recognition by human observers*, New York, Wiley, 1964.

ȘARONOV V. V., *Svet i țvet*, Izd. fiziko-matemat. literaturî, Moskva, 1961.
ȘCHIOPU U. și COL., *Dezvoltarea sensibilității cromatice*, Studii de psihologie, IV, București, 1962.
ȘIFMAN L. A., *K voprosu o taktilnom vospriatii formî*, «Trudî in-ta mozga im. Behtereva,» t. XIII, L., 1940.

TASAKI I., *Nervous transmission*, Thomas Springfield, 1953.
TEPLOV B. M., *Osciușcenie muzîkalnogo zvuka*, în „Ucennîie zapiski Gosudarstvenogo naucino-issledovatelskogo Instituta psihologhii", t. I, Moskva, 1940.
TEPLOV B. M., *Psihologhia muzîkalnîh sposbnostei*, „Problemî individualnîh razlicii", Izd. Akad. Ped. Nauk., RSFSR, Moskva, 1961.
THEOBALD G. W. a. VERNEY E., *The inhibition of water diuresis by afferent nerve stimuli after complete denervation of the kidney*, J. Physiol., 1935.
TIUHTIN V. S., *O prirode obraza*, Izd. Vissaia skola, 1963.
TUNTURI A. R., *Physiological determination of the boundary of the acustic area in the cerebral cortex of the dog*, „Amer. Journ. Psychol.", 160, 395—401 (1950).
TUNTURI A. R., *A difference in the representation of auditory signals for the left and right ears in the isofrequency contours of right middle ectosylvian auditory cortex of the dog*, „Amer. Journ. Psychol.", 168, 712—727 (1952).

UHTOMSKI A. A., *Fiziologhia organov ciuvstv*, Moskva, 1934.
UVAROV L. V., *Obraz, simvol, znak*, Minsk, 1967.

VASCHIDE N., *Essai sur la psychologie de la main*, Paris, 1909.
VASCHIDE N., *Recherches expérimentales sur l'asymetrie sensorielle olfactive*, „Rev. Phil.", 1900.
VAVILOV S. I., *Glaz i solnțe*, Izd. 5^{oe}, Izd. Akad. Nauk SSSR, 1950.
VELDEN H. A., van der, *The number of quanta necessary for the perception of light of the human eye*, „Ophtalmologica," III, 321, (1946).
VEKKER L. M., *K voprosu ob osiazatelnom vospriatii*, „Ucenîe zapiski LGU", „Psihologhia", L, izd.-vo LGU, 1953.
VEREȘAGHIN A. P., *Ob uciastii gomoralnîh faktorov boli v deistvii na spinnomozgovîie refleksî*, v. st.: Ijiveskii mediținskii institut, 1949.
VERNON M. D., *Visual perception*, New York, 1937.

VNO T., *Effect of general excitement of hiding on some ductless glands of male albino sats*, Am. J. Physiol., 1922.
VOITONIS H. *Predistoriia intelecta*, Izd-vo AN. SSSR, M., 1949.
VULF A. M., *Nevrologhiceski analiz amputaţionîh oşuşcenii*, 1938.

WALACH H., *The role of head movements and vestibular and visual cues in sound localization*, „Journ, exp. Psychol.", 27, 339—368, 1940.
WALL P., *Două sisteme de transmisie a senzaţiilor cutanate*, în: „Senzory Communication (W. Rosenblith, ed.). The M.I.T. Press and John Wiley a. Sons, inc., New York, London, (lb. rusă).
WALLON H., *De la act la gîndire*, Bucureşti, 1964 (orig. 1941).
WARD A. A., *Singular gyrus: area 24*, „Journ. Neurophysiol.", 11, 1948, pp. 12—23.
WATKINS W. H., *Effect of certain noises upon detection of visual signals*, „Journ, exp. Psychol.", 67, 1964, 72.
WEBER E. H., Der Tatsinn und das Gemeingefühl, 1849.
WEDDELL G., *The pattern of cutaneous innervation ih relation to cutaneous sensitivity*, J. Anat. Lond., 1941.
WEIR-MITCHELL, *Des lesions des nerfs et leur consequence*, 1874.
WEISS L. R., *Variables that influence random-generation: an alternative hypothesis* „Perceptual and Motor Skills", 20, 1965, p. 307.
WELFORD A. T., *Single-channel operation in the brain*, „Acta Psychol.", 27, 1967, p. 3.
WENDT G. R. The form of the vestibular eye-movement response in man, 1936.
WEVER E. G., *The electrical responses of the ear*, „Psychol.-Bull.", 36, 143—187 (1939).
WEVER E. G., BRAY C. W., *The nature of acoustic responses, the relation between stimulus intensity and the magnitude of cochlear responses in the cat*, „Journ. exp. Psychol.", 22, 1—16 (1938).
WHITE J. C., *Conduction of pain in man*, Arch. Neurol. Psychiat., 1954.
WIENER N., *Cibernetica*, Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1966.
WILLMER E. N., *Retinal structure and Colour vision*, Cambridge, University Press, 1946, pp. 1—23.
WOODWORTH C.L.R.S., *Psychologie expérimentale*, P.U.F., Paris, 1949.
WOODWORTH R., *Le mouvement*, Paris, 1903.
WOODROW H., *Time perception*, în: „Handbook of exp. psychology", Stevens S.S. (ed.), New York, 1951.
WOLF H. G. şi WOLF S., *Pain*, Springfield, III, Charles C. Thomas, 1949.
WOOLSEY C. N. and WALZL E. M., *Organization of cortical auditory sistem: A review and a synthesis*, în: Rasmussen G.L., Windle W.F. (ed.), „Neural Mechanisms of the Auditory and vestibular Systems", Springfield, III, C.C. Thomas 1960.

WRIGHT W. D., *Researches on Normal and Defective Colour Vision*, Henri Kimpton, London, 1946.

WRIGHT W. D., *The Measurement of Colour*, Hilger and Watts, Ldn., 1958.

YUNG R., *The Integration in neurons of visual Cortex*, în: Rosenblith W. A. (ed. „Sensory Communication", The M.I.T., 1961.

ZAGORULKO L., LEBEDINSKII A. i TURȚAEV P., *O vlianii bolevogo razdrajenia koji na ciuvstvitelnosti k svetu temnoadaptirovanogo glaza*, Fiziologhiceskii jurnal SSSR, 1933.

ZAPAN GH., *Legea intensității în accepție biochimică și biofizică*, „Analele româno-sovietice", seria Pedagogie-Psihologie, nr. 3—4, 1960.

ZAPOROJEȚ A. V., *Originea și dezvoltarea dirijării conștiente a mișcărilor la om*, „Analele româno-sovietice", seria Pedagogie-Psihologie, nr. 3, 1958.

ZAPOROJEȚ A. V., Razvitie proizvolnîh dvijenii, 1960.

ZINCENKO V. P. i LOMOV B. F., *Sravnitelnîi analiz dvijenii ruki i glaza v proțese osiazatelnogo vospriatia*, „Materialî naucinogo sovesciania po probleme vospriatia prostranstvenîh predstavlenii", L., 1959.

ZOTTERMAN J., *Studies in the periphereal nervous mechanism of pain*, «Acta med. Scand», 1933.

ZOTTERMAN J., *Special senses: thermal receptors*, Ann. Rev. Physiol., 1953.

ZWAARDEMAKER H., *L'Odorat*, Doin, Paris, 1925.